

アスファルト舗装とコンクリート舗装のライフサイクルコストの比較

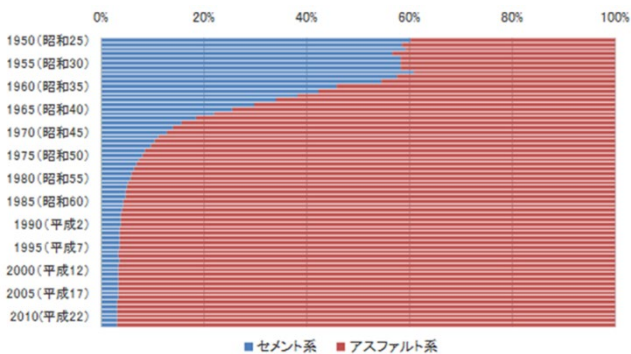
EC19013 江上健太

1. はじめに

コンクリート舗装は、昭和30年前半まで道路舗装の半数を占めていた。しかし、交通量の増加と車両の大型化等に伴い、戦後復興期に施工されたコンクリート舗装に破損が目立つ一方、石油工業の急速な発展に伴い石油需要が増え、原油副産物であるアスファルトが大量に発生したことから、現在では、初期コストが低く、早急な道路整備が可能なアスファルト舗装の施工がほとんどを占めている（図1）。

ところが近年、原油の輸入価格の上昇が続いており、アスファルト合材の単価が上昇し、初期コストが割高だったコンクリート舗装との価格差が縮小してきていることから、ライフサイクルコストで考えた場合、コンクリート舗装の方が優位となる可能性がある。

そこで本研究では、アスファルト舗装とコンクリート舗装のライフサイクルコストの比較することを目的とする。アスファルト舗装、普通コンクリート舗装、早期交通開放型コンクリート舗装の3つの舗装を対象に、工事費用および50年間の修繕工事を踏まえた費用を比較する。アスファルト舗装とコンクリート舗装のメリット・デメリットを明らかにした結果を活用し、今後、コンクリート舗装の活躍が期待できる場面を明らかにする。



注 都道府県道以上の道路（簡易舗装、未舗装は含まない）出典は道路統計年報2012

図1 道路舗装の普及率

2. 研究方法

2.1 対象道路

対象道路は、愛知県あま市七宝町沖之島（県道79号）の交差点とする（図2）。この交差点において各舗装を行う場合のライフサイクルコストを比較する。

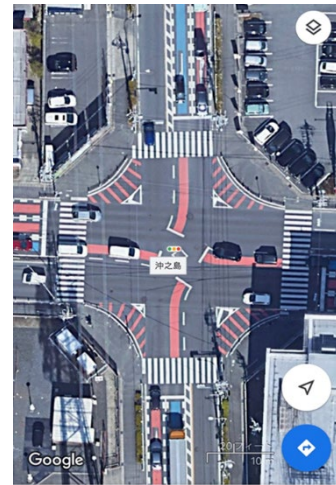


図2 対象道路（愛知県あま市七宝町沖之島交差点）

2.2 ライフサイクルコストの算定手順

以下の5段階でライフサイクルコストを算定する。

- 1) Google マップの航空写真をもとに、舗装する交差点の面積を計算する。
- 2) 各舗装の厚さを設定し、体積を計算する。それに以下の各材料の単価を乗じる。
 - ・ アスファルト舗装：再生アスファルト混合物（密粒度13）
 - ・ 普通コンクリート舗装：JIS A 5308 で規定されている曲げ強度 4.5N/mm^2 、スランプ 6.5cm の舗装コンクリート
 - ・ 早期交通開放型コンクリート舗装：早強セメント、呼び強度45、スランプ $8\sim 21\text{cm}$
- 3) 各舗装工事の人数を仮定し、公共工事設計労務単価（令和4年3月から適用）の愛知県における単価を用いて人件費の計算を行う。
- 4) 各舗装工事に必要な機材の単価を調査する。

- 5) 2)~4)を合算し、各舗装のコストを比較する。
この時、アスファルト舗装は10年に1度切削オーバーレイ工法を用いて修繕工事を行い、コンクリート舗装は50年間修繕工事を行わないと仮定する。

3. 調査データ

3.1 舗装面積と厚さ

舗装面積は、 $30\text{m} \times 30\text{m} = 900\text{m}^2$ とする。アスファルト舗装は、基層と表層を各5cm（計10cm）設ける。コンクリート舗装は、いずれもアスファルト中間層5cm、コンクリート版30cmの舗装を行う。

3.2 材料単価

アスファルト舗装の再生アスファルト混合物は、密粒度アスコン（13）を使用する。令和2年の土木工事設計材料単価表によると、単価は1t当たり10,900円であった。

普通コンクリート舗装は、JIS A 5308 に規定されている曲げ強度 $4.5\text{N}/\text{mm}^2$ 、スランプ 6.5 cmの舗装コンクリートを使用する。名古屋生コンクリート協同組合の価格を調査したところ、単価は 1m^3 当たり17,800円であった。

早期交通開放型コンクリート舗装は、呼び強度 45、スランプ 8~21 cmの早強セメントを使用する。名古屋生コンクリート協同組合の価格を調査したところ、単価は23,050円であった。

3.3 作業員単価

アスファルト舗装では、土木一般世話役、特殊作業員、普通作業員の人件費が必要となる。コンクリート舗装では、土木一般世話役、特殊作業員、普通作業員、機械工、鉄筋工が必要である。また、アスファルト舗装の修繕工事のみ、運転手（特殊）、運転手（一般）が必要となる。

労務単価は、国土交通省の不動産・建設経済局、建設市場整備課が発行している「令和4年3月から適用される公共工事設計労務単価」に基づき、各工事で必要とされる作業員の人数を乗じて人件費を計算する（図3）。

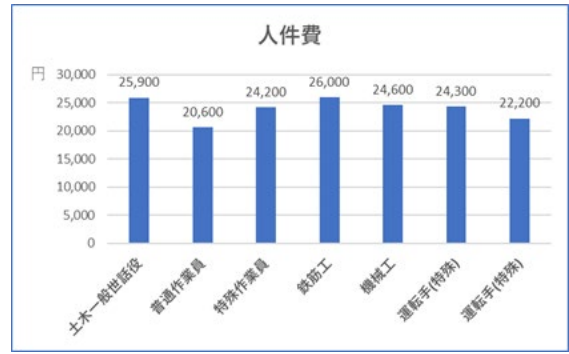


図3 時間当たりの公共工事設計労務単価（愛知県）

表1 アスファルト舗装の機材費

機材	金額
アスファルトフィニッシャ	102,500円
ロードローラ	46,500円
タイヤローラ	46,890円
合計	195,890円

表2 コンクリート舗装の機材費

機材	金額
コンクリートフィニッシャ	207,180円
コンクリート縦仕上機	175,410円
ホイールクレーン	59,724円
合計	442,314円

表3 切削オーバーレイ工法の人件費

職種	人数	単価	金額
土木一般世話役	1	25,900	25,900円
特殊作業員	3	24,200	72,600円
普通作業員	5	20,600	103,000円
運転手(特殊)	4	24,300	97,200円
運転手(普通)	2	22,200	44,400円
合計			343,100円

表4 切削オーバーレイ工法の機材費用

機材	金額
路面清掃車	31,100円
路面切削機	158,000円
ダンプトラック	20,070円
アスファルトフィニッシャ	41,100円
ロードローラ	12,400円
タイヤローラ	13,400円
合計	276,070円

3.4 機材単価

発注機関の専門家により構成された「道路工事積算研究会」による「道路工事の積算」(改訂3版)に基づき、機材単価を求める。これらの機材の単価には燃料費、運転手の人件費、機械損料も含まれる。1回の工事が必要とされる費用を表1、表2に示す。

3.5 修繕工事(アスファルト舗装)

アスファルト舗装のみ、中央の面積 $600\text{m}^2 \times$ 厚さ $0.05\text{m} = 30\text{m}^3$ 部分について、切削オーバーレイ工法を用いて修繕工事を行う。アスファルト合材は $2.5\text{t}/\text{m}^3$ より、今回の修繕工事では 75t のアスファルト合材を使用し、材料費は $817,500$ 円となる。作業員の人数と機材単価は、愛知県建設局から発行されている「積算基準及び歩掛表(土木工事編その2)」に基づき、作業員は15人必要とする。

材料金額と人件費と機材費を合算すると、 $817,500$ 円 $+ 343,100$ 円 $+ 276,070$ 円 $= 1,436,670$ 円と計算される。10年に1度修繕工事を行うため、この修繕金額を10年ごとに加算する。

4. ライフサイクルコスト算定結果

4.1 舗装面積と体積

対象道路は、縦・横ともに 30m の交差点であるため、面積は $30\text{m} \times 30\text{m} = 900\text{m}^2$ である。アスファルト舗装は、アスファルト合材を基層と表層 5cm ずつ、計 10cm 舗装するため、体積は 90m^3 となる。

コンクリート舗装は、いずれも厚さ 30cm のセメントコンクリート版を舗装するため、体積は 270m^3 となる。また、アスファルト中間層を 5cm 設けるため、その体積は 45m^3 となる。

4.2 材料価格

(1) アスファルト舗装

再生アスファルト混合物(密粒度13)の重量は 1m^3 当たり約 2.5t であるから、 $2.5\text{t} \times 90\text{m}^3 = 225\text{t}$ である。1t 当たり $10,900$ 円より、 $225\text{t} \times 10,900$ 円 $= 2,452,500$ 円である。

(2) アスファルト中間層

同様に、 $2.5\text{t} \times 45\text{m}^3 = 112.5\text{t}$ 、1t 当たり $10,900$ 円より、 $112.5\text{t} \times 10,900$ 円 $= 1,226,250$ 円である。

(3) 普通コンクリート舗装

セメントコンクリートは 1m^3 当たり $17,800$ 円より、 $270\text{m}^3 \times 17,800$ 円 $= 4,806,000$ 円である。アスファルト中間層と合算すると $6,032,250$ 円となる。

(4) 早期交通開放型コンクリート舗装

早強セメントは 1m^3 当たり $23,050$ 円より、 $270\text{m}^3 \times 23,050$ 円 $= 6,223,500$ 円である。アスファルト中間層と合算すると $7,449,750$ 円となる。

4.3 作業員の人数と人件費

アスファルト舗装は、「道路工事の積算」(改訂3版)の 2500m^2 を1日1層行う歩掛に基づき、計算する(表5)。

コンクリート舗装は、いずれも日本スリップフォーム工法協会による「スリップフォーム工法標準積算マニュアル(舗装編)」の 100m^2 を舗装する歩掛に基づき、計算する(表6)。

表5 アスファルト舗装の人件費

職種	人数	単価	金額
土木一般世話役	0.72	25,900	18,648円
特殊作業員	2.16	24,200	52,272円
普通作業員	4.32	20,600	88,992円
合計			159,912円

表6 コンクリート舗装の人件費

職種	人数	単価	金額
土木一般世話役	1.125	25,900	29,138円
機械工	2.25	24,600	55,350円
特殊作業員	3.375	24,200	81,675円
普通作業員	6.75	20,600	139,050円
普通作業員(誘導員)	1.125	20,600	23,175円
土木一般世話役(養生工)	1.125	25,900	29,138円
普通作業員(養生工)	3.375	20,600	69,525円
土木一般世話役(目地)	1.2	25,900	31,080円
鉄筋工(目地)	2.4	26,000	62,400円
合計			520,531円

4.4 各舗装の積算結果

アスファルト舗装では、1日1層行う機材費に基づいた計算を2倍する。コンクリート舗装では、いずれもアスファルト中間層を設けるが、中間層は1層であるため、アスファルト中間層に関する人件費は、2分の1した $79,956$ 円となる。

(1) アスファルト舗装

アスファルト混合物+人件費+機材費×2 より、アスファルト舗装の初期費用を積算すると、3,004,192 円となる。

(2) 普通コンクリート舗装

セメントコンクリート金額+コンクリート舗装の人件費+コンクリート舗装の機材費用+アスファルト中間層の材料費+アスファルト中間層の人件費+アスファルト舗装の機材費用より、積算結果は 7,270,941 円となる。

(3) 早期交通開放型コンクリート舗装

早強セメント金額+コンクリート舗装の人件費+コンクリート舗装の機材費用+アスファルト中間層の材料費+アスファルト中間層の人件費+アスファルト舗装の機材費用より、積算結果は 8,688,441 円となる。

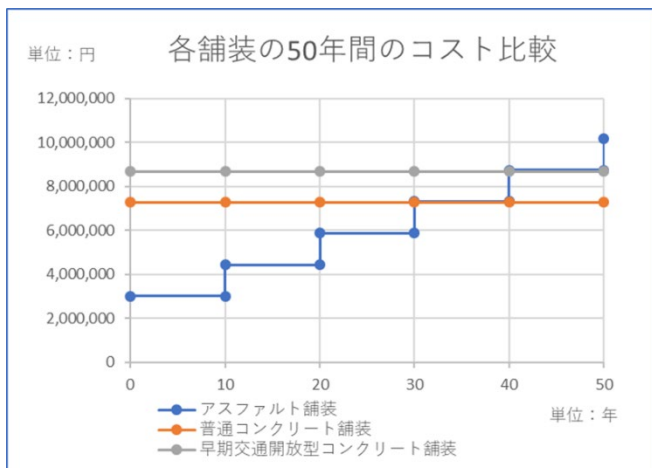


図4 各舗装の50年間のコスト比較

5. 考察

初期費用が最も安価であるのはアスファルト舗装であるが、50年間で考えると、最もライフサイクルコストが高いことが明らかになった。本研究では、工事面積としては小施工に部類される 900m³ の舗装を想定した。1日の施工可能量は、コンクリート舗装の方がアスファルト舗装より少ないことから、人件費は、コンクリート舗装がアスファルト舗装の約3倍という結果になり、初期費用の差が大きかった。早期交通開放型コンクリート舗装は、材料金額が高価であり、初期費用が最も高かった。しかし、コンクリート舗装にも関わらず養生期間が1日であり、耐久性が優れていることから、工期日数を長く確保

できない修繕工事が困難なトンネルや空港のエプロンなどでの活躍が期待される。

6. まとめ

コンクリート舗装の採用が適している箇所は大きく分けて以下の4つが存在する。

- ・ 周囲への騒音の影響が少ない沿道が山林・商業施設となっている箇所
- ・ 大型車の混入率が高い箇所や交差点部（わだち掘れ・骨材飛散が生じにくいコンクリート舗装の強みを活かせる。）
- ・ 地下埋設物の工事が想定されない箇所（自動車専用道路など沿道に家屋がない箇所や共同溝整備済みの箇所であれば、地下埋設物による掘り返しが無いため。）
- ・ 長時間の規制や迂回路の確保が可能な箇所（4車線以上の道路やバイパスなど並行する迂回路がある箇所であれば、長期の1車線規制が比較的容易である。）

現在、コンクリート舗装を施工する熟練の技術者の不足もあり、コンクリート舗装が減り続けている。しかし、近年では工事の回数を減らすことが可能であり、ライフサイクルコスト低減の観点からも、コンクリート舗装は採用を検討するに値する舗装方法であることが分かった。

謝辞

本論文を作成するにあたり、工事現場の引率や参考文献の提供を快く引き受けてくださった、大林道路株式会社 中部支店 技術部の石黒様、工事部の米山様、本店 人事部の上辻様に心より感謝致します。

参考文献

- 1) 名古屋生コンクリート協同組合：2023年度生コンクリート価格表，2023
- 2) 愛知県建設局：積算基準及び歩掛表（その2）【土木工事編】令和3年10月改訂，2021
- 3) 道路工事積算研究会：道路工事の積算（改訂3版），経済調査会出版部，1999
- 4) 国土交通省：令和4年3月から適用する公共工事設計労務単価，2022

岐阜県関市における減災方法の検討

EC19020 小澤健都

1. はじめに

岐阜県南海トラフの巨大地震等被害想定調査資料¹⁾によると、養老—桑名—四日市断層帯地震の発生により建物倒壊（揺れ）や火災による人的被害によって、最大 26 人の死者・負傷者（重傷者・軽傷者）が出ると言われている。このような被害を防ぐためには、建物の耐震性を向上させる必要があるが、コストの観点からすぐに対応することは難しいと考えられる。そこで本研究では、建物の耐震性向上以外の方法として、建物から逃げるべきか逃げないかの判断、各建物内での対策、避難時の市民同士の助け合いによる減災方法を検討する。

2. 対象地震の概要

本研究では、養老—桑名—四日市断層帯地震を対象に、減災方法を検討する。養老—桑名—四日市断層帯は、岐阜県垂井町から三重県桑名市を経て四日市市まで、ほぼ養老山地と濃尾平野の境界および養老山地の南に続く丘陵地の東縁に沿って延びる、全長約 60km の断層帯である。断層帯全体が一つの区間として活動し、マグニチュード 8 程度の地震が発生すると推定され、岐阜県および三重県で最大震度 7 程度の揺れが発生する可能性がある。

2.1 揺れ・液状化による建物への影響

まず、揺れ・液状化による木造建物、非木造建物（旧築年、中築年、新築年）への影響を調査する。揺れに関する影響は、岐阜市の災害被害想定調査資料¹⁾で確認する。また、液状化による木造・非木造建物の全壊・全半壊率は、東南海・南海地震に係わる被害想定手法資料²⁾で確認する。

表 1 に、養老—桑名—四日市断層帯地震発生時の関市における全壊・半壊棟数を整理する。震度 6 強の地震により、941 棟が全壊、3613 棟が半壊すると予測されている。

表 1 養老—桑名—四日市断層帯地震発生時の全壊・半壊棟数

予測震度	建物被害		
		全壊	半壊
6強 (6.03)	揺れ	427棟	2832棟
	液状化	515棟	781棟

表 2、表 3 に、揺れによる建物への影響を整理する。木造、非木造建物とも建築年代が新しいほど被害率が小さいことが分かる。1962 年以前に建築された木造建物の全半壊率が 64.2%なのに対し、1981 年以降に建築された非木造建物の全壊率は 0%と想定されている。

表 4、表 5 に、液状化による建物への影響を整理する。1961 年以降に建築された木造建物の場合、全壊率は約 1 割、全半壊率は約 4 分の 1 と想定されている。非木造建物の場合、杭ありの被害率は 0%であるが、杭なしの場合は約 3 割が全半壊すると想定されている。

表 2 揺れによる木造建物の影響

建物構造別建築年代別	全壊の被害率	全半壊の被害率
新築年1981年～	約1.8%	約11%
中築年1963年～1980年	約12.4%	約52.4%
旧築年1962年～	約20.8%	約64.2%

表 3 揺れによる非木造建物の影響

建物構造別建築年代別	全壊の被害率	全半壊の被害率
新築年1981年～	0%	約3.3%
中築年1963年～1980年	約2.9%	約11.8%
旧築年1962年～	約3.6%	約15%

表 4 液状化による木造建物の影響

建物構造別建築年代別	全壊の被害率	全半壊の被害率
1960年以前	約13.3%	約30%
1961年以降	約9.6%	約25%

表 5 液状化による非木造建物の影響

杭	全壊の被害率	全半壊の被害率
杭あり	0%	0%
杭なし	約 23.2%	約 30%

2.2 岐阜県関市の液状化ハザードマップ

図 1 に、岐阜県関市の液状化ハザードマップ³⁾を示す。関市の液状化ハザードマップでは、揖斐川-武儀川断層帯、長良川上流断層帯（北→南破壊）を震源とする地震の揺れによる液状化発生の可能性について、1 辺約 250m のメッシュごとに液状化の可能性を比較し、可能性が高いものが表示されている。このマップにおける液状化発生の可能性は、地震の規模や震源からの距離から予想される平均的な揺れの強さに基づいて予測されたものであり、地震の発生の仕方によっては液状化発生箇所が異なることがあるものの、減災方法の検討に参考になると考えられる。



図 1 岐阜県関市の液状化ハザードマップ

3. 減災方法の検討

3.1 建物内から早急に逃げるべきか否かの検討

(1) 検討方法

揺れや液状化による被害から回避するため、建物構造別建築年代別による全壊・全半壊被害率を参考に、関市を周り、周囲の環境を観察ながら、早急に逃げるべきか否かを検討する。

(2) 検討結果

<山林の建物>

➤ 旧築年・中築年の建物

地震による揺れや液状化によって倒木・土砂崩れが起き、建物が巻き込まれる可能性が高いため、早急に逃げる方が良いと考えられる。

➤ 新築年の建物

耐震性が高いため、揺れや液状化によって倒木・土砂崩れが起きることを考慮し、早急に逃げない方が良く考えられる。

<市街地・住宅地の建物>

➤ 旧築年・中築年の建物

地震による揺れや液状化によって倒木・土砂崩れが起き、建物が巻き込まれる可能性が高いため、早急に逃げる方が良く考えられる。

➤ 新築年の建物

耐震性が高いため、地震による揺れや液状化によって電柱や建物等が倒壊する可能性を考慮し、早急に逃げない方が良く考えられる。

3.2 時間帯別に想定される被害への対策

表6に、想定される被害の特徴を時間帯別に整理する。被災場所や火気使用の有無が異なるため、考えられる対策を時間帯別に提案する。

表6 時間帯別に想定される被害とその対策

時間帯	想定被害の特徴	考えられる対策
5時	多くの人々が自宅で就寝中に被災するため、家屋倒壊による圧死者が発生する危険性が高い。	<ul style="list-style-type: none"> ・速やかにベッドの下や机の下に隠れる。 ・又は枕や布団を頭からかぶる。 ・L字金具を取り付ける。 ・ベッド付近に落ちそうな物は置かない。 ・部屋のドアを開けておく。 ・停電に備えてラジオ、懐中電灯を用意しておく。
12時	公共施設に多数の滞留者があり、自宅以外で被災するが多い。	<ul style="list-style-type: none"> ・各店の事業者がお客様に避難指示を出す。 ・避難経路を確認しておく。 ・身を守れそうな場所をあらかじめ把握しておく。
18時	住宅などで火気使用が最も多い時間帯で、出火件数が最も多くなる。公共施設に多数の滞留者が多数存在する。	<ul style="list-style-type: none"> ・即ブレーカーを落とす。 ・毎回コンセントを抜く。 ・即火を止める。 ・停電に備えてラジオ、懐中電灯を用意しておく。

3.3 避難訓練

地震発生時にスムーズに避難するためには、日頃の訓練が欠かせないと考えられる。実際に行われた避難訓練に参加し、どのように助け合えば市民の安心・安全をお互いに守れるか考察する。

(1) 避難訓練の概要

実施日時：10月30日（関市家族防災会議の日）

参加者：5人

区間：自宅～円保公園（一時避難場所）（図1）



図1 円保公園（一時避難場所）の様子

(2) 避難訓練参加から得られた知見

避難訓練に参加したことで、以下が大事であることが分かった。

- ・ まずは自分たちが安全に避難できることを考え、周りの状況を確認しつつ他の住民の方を誘導する。
- ・ パニックになってしまう事で冷静に周りの状況を確認できないため、落ち着くよう周囲に呼びかける。
- ・ 実際に地震が起きた場合、事前に安全ルートを把握していなければ倒木や土砂崩れに巻き込まれてしまうため、日頃から安全なルートを確認し合う。
- ・ 各住民の家付近に安全に避難できる場所をあらかじめ確認し合うことで、避難時のリスクを低減させる。

4. 考察

建物被害率の調査結果から、旧築年と中築年の建物は全壊率・全半壊率が高く、揺れや液状化によって被害に巻き込まれてしまう可能性が高いため、必ず建物内から出なければならないことが、現地の確認も合わせて明らかになった。一方、新築年の建物は、全壊率・全半壊率が低く、地震による揺れによって避難時に巻き込まれてしまう可能性の方が高いため、建物内で避難した方が良いと言える。ただし、どの建物においても、家具が倒れ、出火することで死者が出てしまうため、平常時に転倒対策を実施しておく必要がある。

次に、地震発生時に安全に避難するため、日頃の生活から安全な場所やルートを話し合っておくことが重要である。避難訓練を実施しておくことで、周囲の状況がよく見え、パニックにならずに一人ひとりが冷静に判断できるようになると考えられる。

以上より、地震発生時に死者や重傷者・負傷者を最小限に抑えるためには、日頃から市民一人ひとりが地震に対する緊張感をしっかり持ち、普段の生活からできる対策を講じておくことが需要であると言える。

参考文献

- 1) 岐阜県：平成23～24年度 南海トラフの巨大地震等被害想定調査 概要版（参照 2022-9-8）
<https://www.pref.gifu.lg.jp/uploaded/attachment/47393.pdf>
- 2) 岐阜市：災害被害想定調査（参照 2022-9-15）
https://www.city.gifu.lg.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/001/415/r2higaisoutei.pdf
- 3) 関市：ハザードマップ（参照 2022-10-12）
<https://www.city.seki.lg.jp/category/4-1-6-3-0.html>
- 4) 内閣府：東南海・南海地震に係わる被害想定手法について（参照 2022-1-4）
https://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/senmon/tounankai_nankaijishin/10/pdf/sankou_siryou.pdf

自転車の利用が環境と健康に及ぼす影響の分析

EC19026 河邊 康平

1. はじめに

現在日本では、CO₂ 排出削減および国民の健康増進を図るため、自転車の活用を促進させている。また、2020 年度の自家用乗用車による CO₂ 排出量¹⁾は日本全体の 8.1%を占める 8440 万トンであり、運輸部門における影響が大きい。

本研究では、近場の買い物(0~1.5km)に行く人が自家用乗用車から自転車に乗り換えた場合の CO₂ 削減量を算出し数値化する。さらに、自転車を利用することで得られる健康面への影響について分析することを目的とする。

2. 研究方法

現在の乗用車と自転車の CO₂ 排出量を比較するため、LCA に関する論文や国土交通省のデータを参照する。さらに、国土交通省などの資料を参考に、近場の買い物に自動車で行く人が自転車に乗り換えた場合の CO₂ 削減量を算定する。

また、自転車で週 40km 走った場合に起こる体への影響について、体組成計を使い調査する。

3. 環境への影響の分析

3.1 ライフサイクルアセスメント

ライフサイクルアセスメント(LCA)とは、製品・サービスの原料調達、原料生産、製品生産、流通、消費、廃棄、リサイクルまでの、ライフサイクル全体にわたる環境負荷を定量的に求める手法である(図 1)。

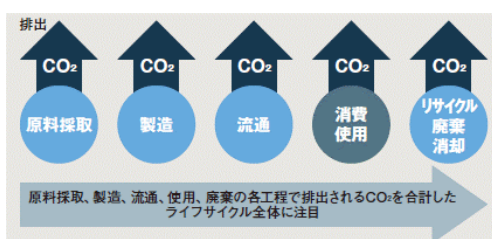


図 1 LCA の方法論

3.2 CO₂ 排出量の算定条件

(1) 自転車

文献²⁾を参考に、主に製造時、使用時(人)、輸送時を対象に CO₂ 排出量を算出する。また、一日の平均走行距離は国土交通省が調査した資料³⁾を参考に 2.93km/日と仮定する。

(2) 電動アシスト自転車

文献²⁾を参考に、主に製造時、使用時、電力消費量、輸送時を対象に CO₂ 排出量を算出する。その際、今回対象とする電動アシスト自転車の性能である自転車の航続可能距離(20km)と充電許容量から 1km あたりの電力消費量を求め、CO₂ 排出量を算出する。

(3) 自動車

文献⁴⁾を参考に、主に製造時、使用時(人)、使用時(車)、燃料製造時、輸送時を対象に CO₂ 排出量を算出する。また、今回は自家用車の使用を対象とし、燃費を 0.08L/km と仮定する⁵⁾。

(4) 使用時

自転車の使用時には、化石燃料を消費しない代わりに、自転車をこぐ人間がカロリーを消費する。使用時(人)の CO₂ 排出量については、METS 法改訂版「身体活動のメッツ(METs)表」⁶⁾に掲載されているメッツ値を用いることでカロリーを算出する。

また、1 キロカロリーあたりの CO₂ 排出量は、カーボンフットプリント認定製品⁷⁾の CO₂ 排出量を、その製品のカロリーで除した値の平均値とする。

(5) その他

各車両の走行速度、耐久年数・距離等、基本的な算定条件を表 1 にまとめる。

表 1 各車両の CO₂ 排出量の算定条件

	自転車	電動アシスト自転車	自動車	単位
走行速度	15	15	30	km/h
車両耐久距離	9000	9000	100000	km
一日平均走行距離 ³⁾⁵⁾	2.93	2.93	16.65	km/日
車両耐久年数	8.4	8.4	16.5	年
製造時CO ₂ 排出量 ²⁾⁴⁾	0.0465	0.0747	4.2	t-CO ₂ /台
消費カロリー ⁶⁾	53.29	39.97	94.70	kcal/日
1キロカロリーあたりのCO ₂ 排出量 ⁷⁾	0.81	0.81	0.81	g-CO ₂ /kcal
バッテリー充電時のCO ₂ 排出量 ²⁾		0.054		kg-CO ₂ /年
燃料製造時のCO ₂ 排出量 ⁸⁾			2.322	kg-CO ₂ /L
走行時のCO ₂ 排出量 ⁹⁾			145.3	g-CO ₂ /km
輸送時のCO ₂ 排出量	1546.6	1546.6	46337.8	g-CO ₂ /台

(6) CO₂ 排出量の算定結果

各車両の走行 1km あたりの CO₂ 排出量算定結果を図 2 に示す。

自転車の CO₂ 排出量は 20.1 g-CO₂/km、電動アシスト自転車は 19.6 g-CO₂/km と算定され、ほとんど差がなかった。一方、自動車（自家用乗用車）の CO₂ 排出量は 378.1g-CO₂/km と算定され、自転車と比べ約 19 倍であることが分かった。

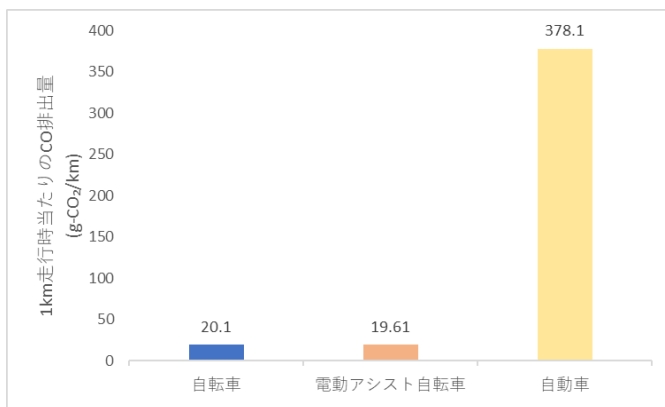


図 2 1km あたりの CO₂ 排出量

3.3 自動車から自転車に乗り換えた場合の CO₂ 排出削減量

0~1.5km 以内の距離にあるコンビニエンスストアやデパートなどに自動車で購入に行く人が、自転車に乗り換えた場合の CO₂ 排出削減量を算出する。

(1) 近場での買い物に自動車を用いる人の割合

愛知県の調査¹⁰⁾によると、利用店までの移動手段のうち、自動車(自ら運転)を利用する割合は全体の 35.9%を占め、自動車への依存度は高い。このうち、0~1.5km 以内の距離の移動が約 4 分の 3 を占める。このことから、近くの距離でも多くの人々が自動車を利用していることが分かる。

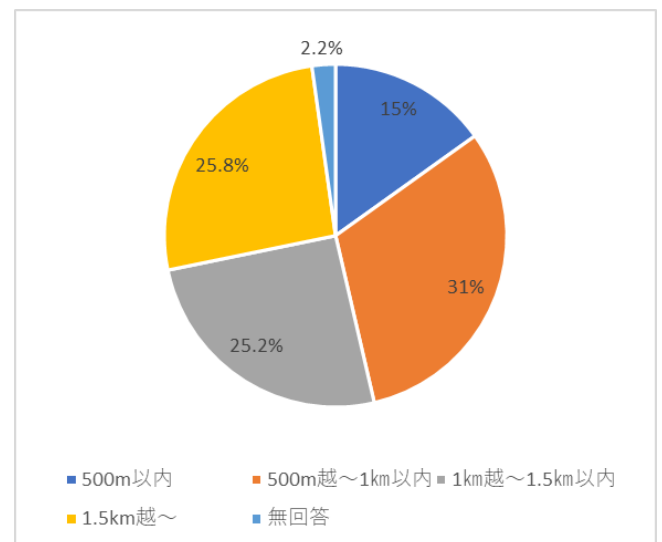


図 3 距離別の自動車使用割合

(2) 近場での買い物に行く頻度

買い物に行く頻度に関しても愛知県の調査資料¹⁰⁾に掲載されている(図 4)。本研究では、平均値に近い週 3 回買い物に行くことと仮定する。

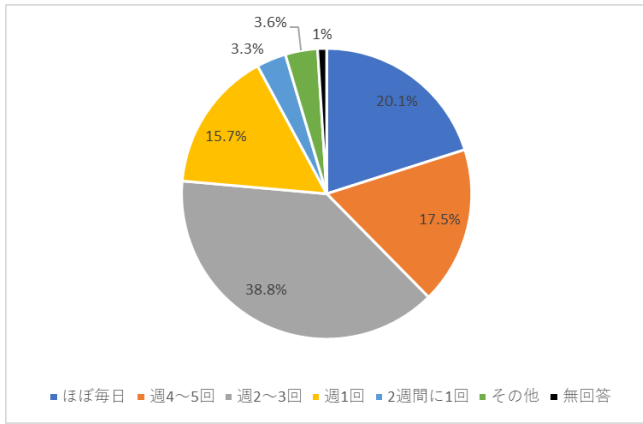


図4 近場の買い物に行く頻度

(3) CO₂ 排出削減量の算定結果

近場での買い物に自動車を用いている人が自転車に乗り換えた場合のCO₂排出削減量を図5に示す。

現在の日本における登録自動車数は約7861万台であるため、0~1.5km以内の距離の買い物について、すべての人が自動車から自転車に乗り換えた場合、日本の自家用乗用車から排出されるCO₂を6.1%削減させることができるという結果になった。

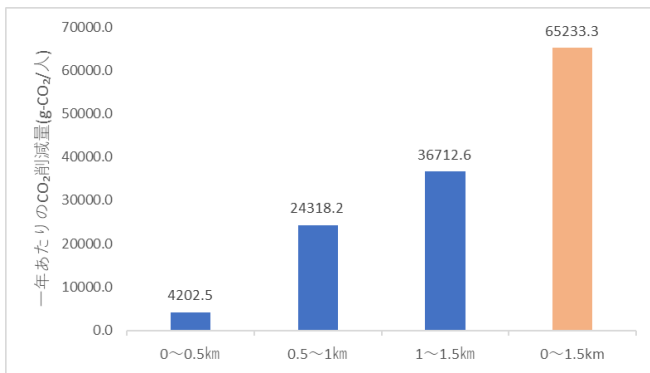


図5 自動車から自転車に乗り換えた場合のCO₂ 排出削減量

3.4 CO₂ 排出量に関する考察

CO₂ 排出削減量の算定結果から、近場の買い物に自転車の利用を推奨することで地球温暖化対策につながると考えられる。ただし、今回算出した削減量は、全員が自動車から自転車に乗り換えた場合の数値であり、現実的には今回の数値の半分以下だと考えられる。また、日本全域で自転車の利用を促進させる必要があり、道路整備や健康面のメリットなど、自転車に乗り換わってもらえるための政策を増やしていくことが必要不可欠である。

4. 健康への影響の分析

本研究のもう一つの目的である健康に対する影響の分析をするため、毎週計40kmの距離を自転車で走り、走っていない人とどのような違いが出るのかを体組成計を使い分析した。

4.1 体重の推移の分析

図6に自転車で走った人、図7に走っていない人の体重の推移を示す。いずれの体重も減っていることが分かる。初期値(2022年8月)と最終値(2022年11月)の差を見ると、走った人の方が走っていない人よりも1.2kg多く痩せたことが分かる。

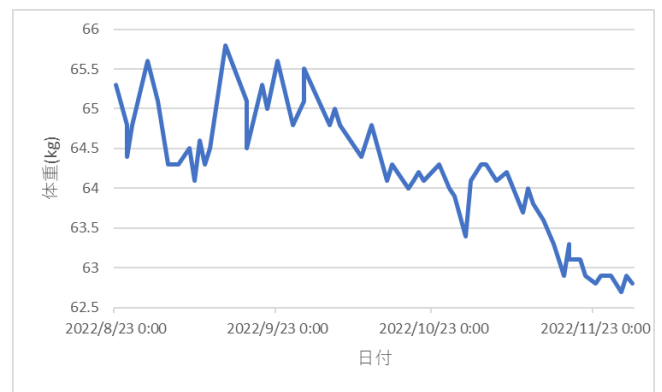


図6 自転車で走った人の体重の推移

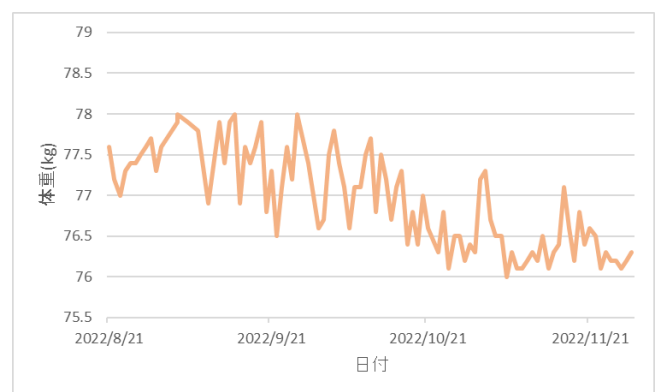


図7 自転車で走っていない人の体重の推移

4.2 体脂肪率の推移の分析

図8に自転車で走った人、図9に走っていない人の体脂肪率の推移を示す。走っていない人の体脂肪率はほとんど変化がなかったが、走った人の体脂肪率は1.8%減少するという結果になった。

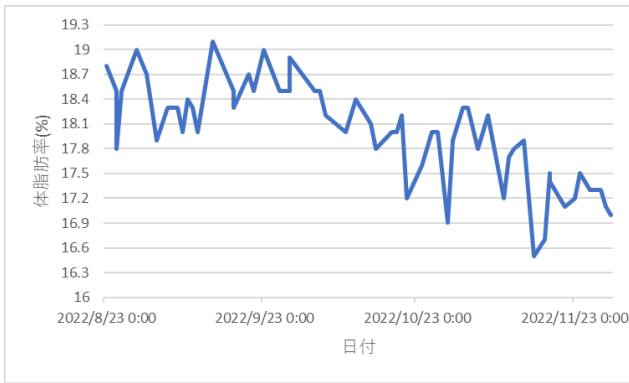


図 8 走った人の体脂肪率の推移

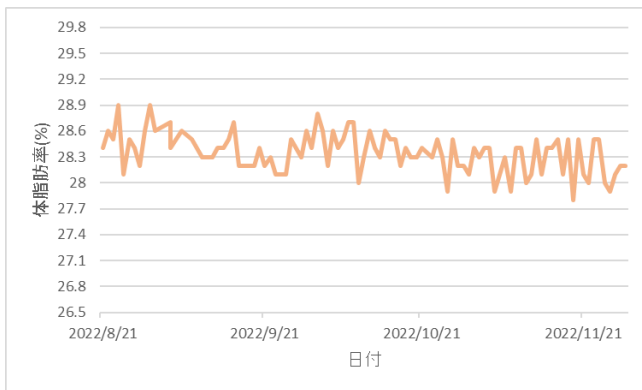


図 9 走っていない人の体脂肪率の推移

4.3 健康への影響に関する考察

体重・体脂肪率の推移の結果から、自転車の利用にはダイエット効果があると言える。なお、自転車で週 40km 走ることは、生活習慣病および生活機能低下のリスクを回避するために必要とされている運動量¹¹⁾の半分を補うことができる。

ただし、本研究では 2 人分のデータしか取得できていないため、サンプル数が増えた場合に同様の結果になるとは限らない点に注意が必要である。

5. まとめ

本研究では、自動車から自転車に乗り換えることで削減される CO₂ 排出量の算出と、自転車を利用することによる健康面への影響の分析を行い、2 つの観点から自転車利用の効果を分析することができた。

自転車利用の促進を進めていくためには、道路整備などの政策や利用することのメリットを発信していくことで、自転車を使いやすい環境を整えることが必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 国土交通省：運搬部門における二酸化炭素排出量, https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html (参照 2022-12-14)
- 2) 田中潤, 伊坪徳宏：電動アシスト自転車の環境影響評価とその導入に伴う環境影響削減効果, 第 6 回日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集, pp.174-175, 2011
- 3) 内閣府：平成 22 年度自転車交通の総合的な安全性向上に関する調査報告書, <https://www8.cao.go.jp/koutu/chou-ken/h22/pdf/houkoku/5-1.pdf> (参照 2022-12-10)
- 4) 山本充洋, 加藤博和, 伊藤圭：将来の車両・エネルギー技術進歩が運搬部門 CO₂排出量に与える影響の評価, 第 18 回地球環境シンポジウム講演集, pp.77-80, 2010
- 5) 国土交通省：自動車燃料消費量統計 (令和 2 年度分), 2021
- 6) 国立健康・栄養研究所：改訂版「身体活動のメッツ(METs)表」, 2012
- 7) CFP プログラム：CFP 宣言認定製品一覧, <https://www.cfp-japan.jp/calculate/verify/permission.html> (参照 2022-12-22)
- 8) 環境省：燃料別の二酸化炭素排出量の例, <https://www.env.go.jp/council/16pol-ear/y164-04/mat04.pdf> (参照 2022-12-10)
- 9) 大城温, 松下雅行, 並河良治, 大西博文：自動車走行時の燃料消費率と二酸化炭素排出係数, 土木技術資料 43-11, pp.50-55, 2001
- 10) 愛知県：「消費買い物環境調査事業」一買い物環境及び行動に関するアンケート調査結果報告書一, 2013
- 11) 厚生労働省：運動基準・運動方針の改定に関する検討会報告書, <https://www.mhlw.go.jp/content/000306883.pdf> (参照 2023-01-04)

無人駅のユニバーサルデザインに関する研究

EC19044 砂川太希

1. はじめに

駅員が終日配置されていない駅を無人駅と呼ぶ。無人駅は年々増加傾向にあり、2020 年には全国の駅の半数に迫っている。首都圏でも時間帯によって無人化する駅が増えている。背景にあるのは、人口減少によって将来的に鉄道の利用者が減ると見込まれていること、少子高齢化により利用者だけでなく駅員の不足も見込まれていること、人件費などのコスト削減による効率化を図ること、などである。

一方、JR 九州の駅無人化により、移動の自由が侵害されたとして車椅子の女性が裁判を起こしたという事例がある。駅の無人化が進むことで、障害者や高齢者など、鉄道を移動手段とすることが困難になる人や安全性に不安を持つ人が増加すると考えられることから、本研究では、無人駅化が進んでも安心して利用できるよう、無人駅のユニバーサルデザインへの対応状況を明らかにすることを目的とする。

2. 無人駅の現状と調査対象

2.1 無人駅の現状

全国の無人駅の数、約 20 年間で 1 割増加し、全体の 5 割近くを占めている。国土交通省がデータを取り始めた 2002 年 3 月時点では、全国 9514 駅のうち無人駅は 43.3%にあたる 4120 駅であった。2020 年 3 月時点では、全国の駅数は 9465 駅とほとんど変わらないものの、無人駅は 48.2%を占める 4564 駅となり、400 駅以上増加した。さらに、この数には含まれていないが、時間帯によっては駅員を配置しない駅も存在する。

2.2 調査対象駅の概要

本研究では、3 つの無人駅（勝幡駅、矢作橋駅、豊明駅）を調査対象とする。各駅の概観を図 1～図 3 に示す。



図 1 勝幡駅



図 2 矢作橋駅



図 3 豊明駅

(1) 勝幡駅

名古屋鉄道津島線の相対式2面2線の駅である。

(2) 矢作橋駅

名古屋鉄道名古屋本線の2面3線の駅であり、始発から午前8時30分までの一部の時間帯において駅員が配置されている。

(3) 豊明駅

名古屋鉄道名古屋本線の島式3面6線の駅であり、日本の無人駅の中で最もホーム数が多い駅である。

表1 ヒアリング調査結果

	年齢	意見
勝幡駅	40代	対面よりもやり取りに時間がかかる
	60代	インターホンが聞き取りづらい
	60代	エレベーターがない
豊明駅	30代	他の利用者がいて後回しになり時間がかかった
	40代	インターホンで会話しにくい
	30代	照明が暗い
	50代	運行情報を聞けない
	30代	洋式トイレがない
矢作橋駅	50代	やり取りに時間がかかる
	50代	インターホンが聞き取りづらい
	60代	モニターがほしい
	40代	事故情報の詳細を聞けない

3. ヒアリング調査の方法

本研究では、国土交通省の資料を参考にするとともに、現地でのヒアリング調査を行う。

「駅の無人化に伴う安全・円滑な駅利用に関する障害当事者団体・鉄道事業者・国土交通省の意見交換会」¹⁾では、松ノ浜駅でアンケート調査を行っている。本研究では、このアンケート項目を参考に、対象3駅を1駅3日間ずつ訪問し、現地でヒアリング調査を行った。調査の結果、インターホンが聞き取りづらい、モニターで顔を映してほしい、運行情報をわかりやすくしてほしいなど、設備に対する意見が多かった(表1)。このような意見の大半は、年配の利用者によるものであるため、バリアフリーの要素に焦点を当て、対象駅を評価する。

4. 調査対象駅の評価

4.1 バリアフリー整備ガイドラインの3要素

障害当事者をはじめとした多様な利用者ニーズに応えるための整備のあり方は、国土交通省総合政策局のバリアフリー整備ガイドライン²⁾に具体的な目安が示されている。このガイドラインには、利用者が円滑に移動できる環境づくりのために必要な以下の3つの要素が示されている。

- 1) バリアのないルートの確保：可能な限り最短距離で、高低差が少なく、見通しがきき、わかりやすいルートと空間を連続的に確保すること。
- 2) わかりやすいルートの確保：空間構成、様々な表示サイン、音サイン、人的対応などを有効に組み合わせ、誘導を適切に行うこと。

表2 ガイドラインの3要素による対象駅の評価

	1)バリアのないルートの確保	2)わかりやすいルートの確保	3)安全で使いやすい施設・設備
勝幡駅	×	×	×
矢作橋駅	○	○	×
豊明駅	○	×	×



図4 勝幡駅の跨線橋

- 3) 安全で使いやすい施設・設備：必要な施設・設備(乗車券販売所、待合室、案内所、トイレ等)をアクセスしやすく、安全で使いやすくすること。

4.2 対象駅の評価結果

ガイドラインの3要素により対象駅を評価した結果を表2に示す。

要素を満たさなかった例として、勝幡駅の跨線橋

にはエレベータが設置されておらず、目的の方面と反対側の改札から入場すると跨線橋を上らなければならない点が挙げられる（図4）。年配の利用者には負荷が大きいいため、要素1)を満たしていない。

要素を満たした例として、矢作橋駅に設置されている発車標にはLEDライトが使用されている点が挙げられる（図5）。非常に見やすく、点字ブロックやスロープも整備されているため、要素2)を満たしている。

3つの要素すべてを達成している駅は無く、駅の整備はまだ不十分であると言える。



図5 矢作橋駅の発車標

4.3 評価結果の考察

調査の結果、施設・設備に対する意見が多かった。無人駅では駅員がいないため、施設・設備の整備が重要視されているものの、まだ不十分であるのが現状である。どんな利用者でも利用しやすい環境づくりが重要であり、国土交通省のアンケートや本研究のヒアリング調査結果から、インターホンの改善や運行情報の詳細化を求める意見が特に多いことから、これらの設備を整える必要があると考えられる。

5. 対応策の検討

実例のあるハード面の対策として、運行情報ディスプレイ（図6）とカメラ・モニター付きインターホン（図7）の設置が有効であると考えられる。

運行情報ディスプレイは、北総線や京成線、小田急線などで運用されており、運行状況を路線図などでビジュアル化した直感的な画面デザインでわかりやすく表示したものである。事故や災害時などの異常時における運行状況を路線図により把握できることや目的の列車がわかりやすく利用者のストレスを緩和することができる効果がある。

カメラ・モニター付きインターホンは、テレビ電話機能の付いたインターホンであり、阪急電鉄で設置されている。従来のインターホンでは音声のみの対話であるため、聴覚に障害を持つ方には利用が難しかったが、このインターホンであればモニター越しに筆記用具を用いて筆談での対話ができることから、国土交通省バリアフリー化推進功労者大臣賞を受賞した実績を持つ設備である。



図6 運行情報ディスプレイ⁴⁾



図7 テレビ電話機能付きインターホン⁵⁾

これら 2 つの設備を導入することが、ハード面の対策として有効であると考えられる。

次に、ソフト面の対策としては、声掛けやサポートの促進をすることが重要であり、ポスターやディスプレイなどを用いた広報啓発活動が考えられる(図 8)。国土交通省や個別の鉄道事業者が過去に取り組みを行っており、特に障害者への声掛けや見守りを促進する効果があり、駅利用者がお互いに助け合うことでより駅を利用しやすくすることができると考えられる。

6. まとめ

無人駅の増加には様々な背景があり、無人駅の増加傾向を止めることは難しい。また、本研究の調査結果からも無人駅の設備の整備状況が不十分であることや改善を求める利用者の意見が多く、無人駅のユニバーサルデザインへの対応は、今後も求められていくと考えられる。

一方、無人駅化の背景にある最も大きな要因は利用者の減少であり、都心部の駅のように多額の費用を割いて、設備の改善を行っていくことは難しいと考えられる。しかし、改善しないことにはますます利用しやすい駅的环境とはかけ離れてしまい、利用者がさらに減り鉄道業界が衰退していくという悪循環に陥ることになるであろう。それを防ぐためにも、無人化したことにより削減されたコストで上記のようなハード面の対策設備を整えたり、ソフト面の対策のように費用をかけない工夫をしたりすることも重要である。無人駅で生じる問題には利用者の意見を反映させることが非常に重要であり、定期的に調査を実施して状況の把握や利用者の声を聞くことが、無人駅のユニバーサルデザインへの対応に求められると言える。

参考文献

- 1) 国土交通省：駅の無人化に伴う安全・円滑な駅利用に関する障害当事者団体・鉄道事業者・国土交通省の意見交換会 資料, https://www.mlit.go.jp/report/press/tetsudo02_hh_000150.html (参照 2023-1-18)
- 2) 国土交通省：駅の無人化に伴う安全・円滑な駅



図 8 広報啓発活動ポスターの例⁶⁾

利用に関するガイドライン, 2022, <https://www.mlit.go.jp/tetudo/content/001491831.pdf> (参照 2023-1-18)

- 3) 首相官邸：ユニバーサルデザイン 2020 関係府省等連絡会議, https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tokyo2020_suishin_honbu/ud2020kaigi/index.html (参照 2023-1-18)
- 4) 小田急電鉄：安全管理体制の推進, 安全報告書 2017, https://www.odakyu.jp/csr/safety/safety_report/2017/ (参照 2023-1-18)
- 5) 阪急電鉄：テレビ電話機能付きインターホン, 阪急未来線, <https://www.hankyu.co.jp/cont/miraisen/entry/interphone.html> (参照 2023-1-18)
- 6) 東京都交通局：「声かけ・サポート」運動 強化キャンペーンの実施について, 2021, https://www.kotsu.metro.tokyo.jp/pickup_information/news/pdf/2021/sub_p_202106299975_h_01.pdf (参照 2023-1-18)

環境条件の違いが電子レベルの観測範囲に及ぼす影響と対策に関する研究

EC19054 丹羽孝樹

1. はじめに

測量で使用する機器は、環境条件に応じて観測範囲に少なからず影響が出る。これから主流になると考えられている電子レベルについても測量環境の違いによる影響が生じると考えられる。先行研究¹⁾では、気象条件や測定距離の違いが測定結果に対してどの程度影響を及ぼすか、実測を通して傾向を把握している。しかし、観測時期の関係から、気温の高い日には測定を実施できておらず、検証結果は十分ではない。また、照度に応じた読み取り可能範囲の検証も不十分である。

そこで本研究では、災害時など電気が使えない場面でも電子レベルの技術が応用可能かどうかを検証するために、環境条件の違いが電子レベルの観測範囲に及ぼす影響を把握し、その対策を検討することを目的とする。

2. 電子レベルの概要

電子レベルは、水準測量に用いる機器であるが、従来のレベルとは異なり、標尺の目盛を自動で読み取ることができる。標尺にはバーコードが印刷されており、それを一緒に用いる。電子レベルを利用するメリットは、ボタン一つで正確な値が出るため、観測者個人の読み取り誤差がないことや、電子野帳などと連動させることで、観測データをそのまま保存できることなどが挙げられる。デメリットとして、磁力、直射日光に弱いことが挙げられる。

3. 照度の単位

明るさを表す単位には、ルクス (lux) とルーメン (lumen) がある。ルクスは、光源から発した光が、照射対象の床や壁に当たった明るさを数値化したものである。ルーメンは、光源から発する光を数値化したものである。ルクスとルーメンの違いは、ルクスは光束が広がる領域を考慮する点にある。本研究では、「照らされた面」の明るさを示すルクスを用いる。表 1 に、ルクスと明るさの目安を示す。

表 1 照度 (ルクス) と明るさの目安

照度 (ルクス)	明るさの目安
65000	晴天時午前 10 時と午前 3 時の太陽光
20000	雨天時の日の出 1 時間後の太陽
1000	パチンコ店の店内
600	百貨店売り場
300	日の出・日の入りの時
180	夜のアーケード
80	街灯の下
1	月明かり

4. 高温時における観測

4.1 観測方法

まず、高温状態における観測が電子レベルの測定結果に影響を与えるか否かを検証する。気象条件として、温度、湿度、路面温度、照度を測定し、この4項目が最も高いタイミングを高温状態として観測を行う。

4.2 観測結果

表2に、高温時における電子レベルの測定結果を示す。電子レベルの最大距離である100mまで測れない時間帯もあったが、最も気温が高かった14時30分の時点では測定できている。このことから、少なくとも今回の検証では暑さとは観測可能距離には関係がないことがわかった。測定できない時間帯があった要因として、機械の劣化が考えられる。また、日が昇るタイミングと落ちるタイミングに測定できていないことから、周囲の木々との間に影ができ、バーコードを阻害したことも考えられる。

表2 高温時における電子レベルの測定結果

	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30
BS	1.3986	1.3987	1.3994	1.3985	1.3993	1.3988	1.399	1.3984	1.3984	1.3982	1.3986	1.3985
10	1.3696	1.3696	1.3695	1.3694	1.37	1.37	1.3693	1.3693	1.3693	1.3692	1.3694	1.3694
20	1.3051	1.3052	1.3051	1.305	1.3051	1.3051	1.3049	1.3047	1.3044	1.3045	1.3046	1.3046
30	1.7053	1.705	1.7054	1.7049	1.7054	1.7051	1.7048	1.7052	1.7049	1.705	1.7046	1.7047
40	1.8576	1.8576	1.8581	1.8577	1.8587	1.8582	1.8573	1.8578	1.857	1.8581	1.8572	1.8574
50	1.9044	1.904	1.9039	1.9039	1.9039	1.9035	19.031	1.9039	1.903	1.9033	1.9029	1.9033
60	1.925	1.9247	1.9225	1.9254	1.9248	1.9244	1.9244	1.9255	1.9241	1.925	1.9237	1.9245
70	1.9325	1.9329	1.9324	1.933	1.9331	1.9322	1.9313	1.9329	1.9313	1.9323	1.9327	1.9318
80	1.8974	1.897	1.8979	1.8965	1.8965	1.8986	18.958	1.8963	1.8966	1.8971	1.8954	1.8989
90	1.9688	1.9669	1.9679	1.9676	1.968	1.9669	1.9663	1.9673	1.9663	1.9681	1.9666	1.9685
100 ER	ER	ER	ER	ER	1.9255	1.9249	1.9256	1.9251	1.9242	1.925	ER	ER
温度①	30.6	33.1	33.2	34.3	35.8	35.4	35.1	36	35.7	37.7	37.2	35
温度②	35.6	37.7	38.2	38.5	39.2	40.6	40.1	42.6	39.9	43.1	43.1	39.4
湿度①	66	58	57	55	47	49	49	49	46	42	42	49
湿度②	58	47	45	40	35	33	32	29	31	26	26	35
路面①	33.5	33	33.2	33.3	34.2	34.7	35	35.4	35.5	35.7	35.4	36
路面②	49.5	52.4	54.5	52.2	56.4	57.1	57	55.3	54.1	56.9	56.4	52
LUX①	2600	1400	2500	3500	3800	4400	5000	5000	6000	2500	5200	4000
LUX②	57000	4000	57000	13000	50000	100000	80000	50000	60000	45000	16000	20000

※水色：日陰 赤色：日向 黄色：最高値

5. 測定可能照度以下における観測

5.1 観測方法

次に、暗い場所で行われる測定について検証する。付属の蛍光灯を使用し、蛍光灯の当て方や範囲を変えながら観測を行い、蛍光灯でも測れない場合には、大型の充電式懐中電灯を用いて観測を行う（図1）。

5.2 観測結果

表3に、測定可能照度以下における電子レベルの測定結果を示す。先行研究で用いた懐中電灯では50mまでしか測定できなかったが、付属の蛍光灯を用いると90mまで測定することができた。観測者の目には、懐中電灯と付属の蛍光灯の照度は変わらないように見えたが、実際には大きく異なる観測結果となった。

付属の蛍光灯には周りに被せ物があり、光を集中的にバーコードに当てられる一方、懐中電灯は被せ物が無いため、周りに光が分散されてしまったことが50mまでしか測れなかった要因であると考えられる。



図 1 夜間における電子レベルを用いた観測の様子

表 3 測定可能照度以下における電子レベルの測定結果

16:10	BS	FS		18:00	BS	FS	
B	1.2852			B	1.2852		LUX
10		1.2508		10		1.2508	0.8
20		1.1873		20		1.1868	320
30		1.5866		30		1.5867	360
40		1.7418		40		1.7413	350
50		1.7908		50		1.7906	360
60		1.8063		60		1.8058	360
70		1.8144		70		1.8144	360
80		1.7791		80		1.7782	350
90		1.85		90		1.8484	350
100		1.8064		100		ER	300

6. 中部大学メイングラウンドの照度における観測

6.1 観測方法

最後に、蛍光灯以外の30ルクス以上の光の下で測定できる環境において、5章と同様の検証を行う。具体的には、中部大学のメイングラウンドの光を用いて、30ルクス以上の環境条件において、100m測定可能か否か検証する(図2)。さらに、同じ条件の下で、先行研究において50mまでしか測定できなかった懐中電灯を用いた測定を行い、原因を考察する(図3)。

6.2 観測結果

表4に、中部大学メイングラウンドの照度における電子レベルの観測結果を示す。夜間においても、30ルクス以上の環境条件では、100mの距離でも観測可能であることがわかった。

さらに、同じ条件の下で懐中電灯を用いた測定を試みた。その結果、やはり光が分散されることと、向きによっては影が生じてしまうため、観測することができなかった。このことから、夜間測量における懐中電灯の使用は、バーコードが影で隠れてしまう等の観点から、不向きであると言える。



図2 中部大学メイングラウンドにおける電子レベルを用いた観測の様子



図3 同じ条件の下で懐中電灯を用いた観測の様子

表4 中部大学メイングラウンドの照度における電子レベルの測定結果

距離	高さ	LUX	測定結果
10m	1.161	80	測定可能
20m	1.151	80	測定可能
30m	1.154	30	測定可能
40m	1.173	50	測定可能
50m	1.258	50	測定可能
60m	1.509	110	測定可能
70m			
80m	1.703	60	測定可能
90m			
100m	3.115	40	測定可能

7. まとめ

本研究では、環境条件の違いが電子レベルの観測範囲に及ぼす影響と対策を検証した。まず、暑さと観測範囲には関係が無いことが分かった。一方、災害復旧などで必要となる夜間測量においては、付属の蛍光灯や、30ルクス以上の環境条件が必要であることも分かった。そのため森林における測定など、太陽が出ている時間帯でも暗くなるような場所では、付属の蛍光灯、工事用のバルーンを用いる必要があると言える。

謝辞

本研究の実施にあたり、教育技術員の橋詰朋幸様から電子レベルの取り扱いや観測方法等の指導を受けた。ここに記して感謝を表す。

参考文献

- 1) 澤野敬斗：気象条件の影響による電子レベルの測量範囲及び精度に関する研究，中部大学工学部都市建設工学科 2021年度卒業研究論文概要，2022

災害廃棄物の削減および処理方法の検討

EC19057 服部宏太郎

1. はじめに

近年、日本では地震や台風、火山の噴火など、大規模な自然災害が発生している。自然災害が発生すると大量の廃棄物が発生する。今後、南海トラフ巨大地震や首都直下地震が発生すれば、かつてない規模の災害廃棄物の発生することが見込まれる。

そこで本研究では、東日本大震災の災害廃棄物量を参考に、南海トラフ巨大地震が発生した場合、どのような措置や対策を講じておけば災害廃棄物を削減することができるのかを定量的に明らかにすることを目的とする。

2. 研究方法

本研究では、廃棄物量を削減するための検討を行う。「愛知県災害廃棄物処理計画」¹⁾、「災害廃棄物の発生量の推計」²⁾、その他自治体や災害廃棄物に関わる資料をもとにデータ収集を行い、災害廃棄物の発生量を算出する。調査対象とする災害は東日本大震災とし、南海トラフ巨大地震が発生した場合の災害廃棄物について定量化する。

3. 災害廃棄物

3.1 定義

廃棄物処理法（廃棄物の処理及び清掃に関する法律）では、廃棄物を事業活動に伴う産業廃棄物（処理責任は事業者）とそれ以外の家庭などから排出される一般廃棄物（処理責任は市町村）に分類している。災害時には産業廃棄物と一般廃棄物が混在している状況にあるが、廃棄物処理法第 22 条において、「国は、市町村に対し、災害その他の事由により特に必要になった廃棄物の処理を行うために要する費用の一部を補助することができる」と規定されていることから、災害廃棄物の処理責任は市町村にあると考えることができる。

また、環境省の災害廃棄物対策指針³⁾では、災害

廃棄物を「自然災害に直接起因して発生する廃棄物のうち、生活環境保全上の支障へ対処するため、市町村等がその処理を実施するもの」と定義しているため、災害廃棄物は一般廃棄物に分類される。

3.2 災害廃棄物の特徴

災害廃棄物は、通常の廃棄物をはるかに上回る排出量が短時間で発生し、建物の瓦礫から家電製品や家具類といった日常生活に伴う物品など、様々な種類のものが土砂と混在する。木くずや畳、コンクリートがらなど様々なものが含まれるが、災害の種類によりその組成は異なる。

例えば、地震により発生する災害廃棄物は家屋等の解体廃棄物が中心となるが、大雨等の水害に伴い発生する災害廃棄物は、浸水した家屋内で泥をかぶった家財など（片付けごみ）が中心になる。解体廃棄物は、再生利用が容易な品目の割合が比較的高い一方で、水害時の片付けごみは混合状態で収集されやすく、リサイクル率は比較的低い。

水害では、廃棄物が水を吸って重くなること、腐りやすいこと、廃棄物の搬出が災害直後から始まることがある。含水率が高いため焼却時の燃料費がかさむなど、処理費用にも影響する。

そのため、想定される災害の種類や廃棄物の特徴に応じた対応が求められる。

3.3 災害廃棄物の種類

災害廃棄物の種類は以下のとおりである³⁾。

可燃物/可燃系混合物、木くず、畳・布団、不燃物/不燃系混合物、コンクリートがら等、金属くず、廃家電、小型家電/その他家電、腐敗性家電、有害家電/危険物、廃自動車等、その他、適正処理が困難な廃棄物。

3.4 災害廃棄物の発生状況

近年の主な自然災害による災害廃棄物の発生状況から、多量の廃棄物が毎年のように発生していることがわかる(表1)⁴⁾。さらに、今後発災が予想される南海トラフ巨大地震などにおいては、東日本大震災を大きく上回る規模の災害廃棄物が発生すると試算されている。

3.5 災害廃棄物の処理の流れ

災害廃棄物の処理には、最終的な処理が行われるまで多くの工程を経る。発生場所から焼却や最終処分、再生利用までの流れを図1¹⁾に示す。「発生場所」から撤去された災害廃棄物の多くは、まず「一次仮置場」に運ばれ、仮置きされる。その後、大部分は規模のより大きな「二次仮置場」に運搬され、選別処理・再資源化等が行われたのち、「廃棄物処理施設(焼却施設、最終処分場等)」での処理や再生利用が図られる。こうした災害廃棄物処理の流れを念頭に、発災後速やかに業務を執行できるよう、発災前から各工程について処理体制等を検討しておくことが重要である。

風水害においては、一時避難者や自宅待機者が多くなり、片付けごみの排出が速いため、片付けごみが路上に堆積し混合状態となることや、車両の通行の妨げとなることを防止する必要があり、仮置場を迅速に開設することが求められる。また、災害廃棄物が水分や汚れを含んでいると腐敗しやすいため、悪臭・汚水を発生するなど時間の経過により性状が変化することに留意する必要がある。

4. 災害廃棄物発生量の推計

4.1 推計方法

災害廃棄物の発生量は、発生原単位に住居の被害棟数を乗じることで推計できる(式(1))²⁾。推計に用いる発生原単位²⁾を表2に示す。

$$Y = X_1 \times a + X_2 \times b + X_3 \times c + X_4 \times d \quad (1)$$

ここで、

Y : 災害廃棄物の発生量 [t]

X_1, X_2, X_3, X_4 : 住居の被害棟数

(1: 全壊、2: 半壊、3: 床上浸水、4: 床下浸水)

表1 災害廃棄物の発生および処理期間⁴⁾

災害名	発生年月	災害廃棄物量	処理期間
阪神・淡路大震災	H7.1	1500万 t	約3年
新潟中越地震	H16.10	60万 t	約3年
東日本大震災	H23.3	3100万 t (津波堆積物1100万 tを含む。)	約3年(福島県を除く。)
伊豆大島豪雨災害	H25.10	23万 t	約1年
広島土砂災害	H26.8	52万 t	約1.5年
熊本地震	H28.4	311万 t	約2年
平成30年7月豪雨	H30.7	200万 t (令和元年9月時点)	約2年
令和元房総半島台風 令和元年東日本台風	R1.9.10	167万 t (令和2年8月末時点)	約2年(予定)
令和2年7月豪雨	R2.7	56万 t (令和2年10月27日時点)	約1.5年(予定)
海トラフ巨大地震(推計)	-	最大 約3億4900万 t (津波堆積物2700万 tを含む。)	-
首都直下地震(推計)	-	最大 約1億1000万 t	-

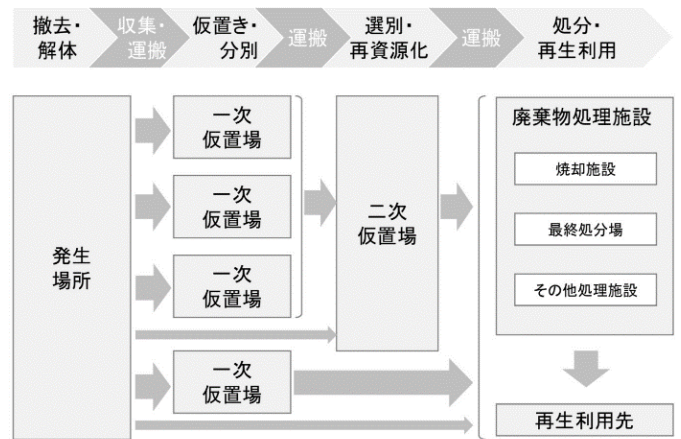


図1 災害廃棄物処理の流れ¹⁾

表2 災害廃棄物の発生原単位²⁾ (単位: t/棟)

住居の被害	全壊	半壊	床上浸水	床下浸水
発生原単位	117	23	4.6	0.62

a, b, c, d : 発生原単位 [t/棟]

(a : 全壊、 b : 半壊、 c : 床上浸水、 d : 床下浸水)である。

4.2 前提条件

災害廃棄物の削減は、災害が起きる前に対策することで実現できる。災害廃棄物をできるだけ排出しないために、日頃からの備えが必要である。家具や電化製品は、転倒防止器具や金具で壁に固定するなどの対策をしておくことで、破損を防ぐことができると考えられる。また、不要品を処分することにより、災害廃棄物の発生を未然に減らすことができると考えられる。

本研究では、自宅を対象に、災害廃棄物発生量の

推計を行う。まず、削減できる不要品の量と固定する家具や電化製品の量を調査する。長年使用していないものを中心に、不要品を選別する。固定する場合は、震災時に転倒の恐れがあるものを中心に固定する。

4.3 推計結果

表 3 に、処分した不要品の量を示す。不要品の処分量は、計 181kg と推計できた。種類別でみると、可燃系では机や布団などの木材や布製品が中心であり、その他では書類や本、木材などの不要品が生じた。不燃系ではテレビや自転車等があった。重量割合では、可燃系が約 53.6%、不燃系が約 46.4%とほぼ同じであった。特に、布団類やマットレス、紙類など、水害時に廃棄物となった場合に処理が困難な不要品をあらかじめ処分することができたため、今回の検討は有益であった。

表 4 に、固定した家具や電化製品の量を示す。固定量は計 300kg と推計でき、不要品より多かった。タンスや食器棚など大型家具が含まれているためであると考えられる。

5. 災害廃棄物削減量の推計

5.1 前提条件

4 章の推計結果をもとに、発生原単位を更新し、南海トラフ巨大地震の災害廃棄物の発生削減量を推計する。また、処理費用の削減量を算出する。

算出にあたって、南海トラフ巨大地震の住居の被害棟数のデータが得られないため、東日本大震災の住居の被害棟数を参考に算出する。

5.2. 新たな発生原単位の提案

全ての住居 1 棟から 4 章の結果が得られるとすると、発生原単位を以下のように考えることができる。

全壊の場合の発生原単位は、不要物の総重量が 181kg であることから、 $117 \cdot 0.18 = 116.82$ t/棟と考えられる。

半壊の場合は、不要物に加え固定した分を減らすことができる。しかし、固定した場合でも破損し廃棄物になる可能性があるため、最大 0.48t/棟、最小 0.18t/棟の平均である 0.33t/棟が削減されると考える。

表 3 処分した不要品の量

	物品	数量	重量
可燃系	机	1	6kg/台
	テレビ台	1	20kg/台
	掛布団	3	3kg/枚
	敷布団	3	4kg/枚
	マットレス	1	25kg/台
	その他	—	25kg
不燃系	自転車	2	18kg/台
	タイヤ	4	8kg/本
	テレビ	1	16kg/台
総計		—	181kg

表 4 固定した家具や電化製品の量

	物品	数量	重量
可燃系	タンス	2	約90kg/台
	食器棚	1	約90kg/台
不燃系	テレビ	1	20kg/台
	オーブン	1	5kg/台
	電子レンジ	1	5kg/台
総計		—	約300kg

表 5 本研究で提案する災害廃棄物の発生原単位 (単位: t/棟)

住居の被害	全壊	半壊	床上浸水	床下浸水
既存の発生原単位	117	23	4.6	0.62
提案する発生原単位	116.82	22.67	4.42	0.55

表 6 住居の被害棟数 (単位: 棟)

住居の被害	全壊	半壊	床上浸水	床下浸水
東日本大震災	122,066	283,160	1,490	9,785
南海トラフ巨大地震	1,888,719	4,383,471	23,066	151,477

床上浸水の発生原単位は、不要品分のみの 0.18t/棟を削減できると仮定する。

床下浸水の発生原単位は、不要品の内の 68kg/棟 (自転車、タイヤ) を削減できると仮定する。

以上より、発生原単位は表 5 のように更新される。

5.3 住居の被害棟数

東日本大震災の住居の被害棟数⁵⁾を参考に、南海トラフ巨大地震の住居被害棟数を算出した結果を表6に示す。

5.4 災害廃棄物と処理費用の削減量の推計結果

既存の発生原単位と本研究で提案した発生原単位をもとに、災害廃棄物の発生量を推計する。処理費用は、発生量に1tあたりの処理費用(3.7万円)を乗じることで推計する³⁾。両者の差から削減量が推計される。推計結果を表7に示す。災害廃棄物の発生削減量は約180万t、処理費用の削減量は約666億4700万円と算定された。

表7 災害廃棄物と処理費用の削減量の推計結果

	発生量[t]	処理費用(円)
既存	322,000,000	11,914,000,000,000
設定	320,198,730	11,847,353,005,703
削減量	1,801,270	66,646,994,297

6. 処理方法の検討

処理期間を短縮するために我々にできることは何か検討する。表1より、災害廃棄物の処理には多くの時間を要することがわかる。例えば、東日本大震災では3年の処理期間を要した。南海トラフ巨大地震ではどれだけの処理期間を要するか不明であるが、災害廃棄物の発生量から東日本大震災よりも多くの期間を要することが予想される。処理期間を短縮するために災害廃棄物の発生量を減らすことはもちろん、処理方法の検討も重要である。本章では、住民が対策できることとして、発生場所から仮置場への搬入に着目し、処理方法の検討を行う。

まず、事前準備として、仮置場の候補地をあらかじめ考えておくことが考えられる。道路の損壊や冠水、避難所、救助ヘリの発着拠点などで使用できなくなるケースがあり、仮置場が満杯になると分別されないまま道路上や候補地ではない公園に放置されるという問題が生じる。そのため、復旧、復興の妨げにならないよう、多くの候補地を考えておくことが重要である。

また、発災後の対応としてファーストレーンの実施が考えられる。ファーストレーンとは、令和2年7月豪雨の際に熊本県人吉市で行われた対策である。元々、仮置場に搬入する際に分別しながら荷下ろしを行っていたが、仮置場に待ち列ができてしまい、搬入に5~6時間要することもあった。それをあらかじめ分別した災害廃棄物の搬入者を優先的に受け入れる策がファーストレーンである。実際に待ち時間が解消されたため、有効であると考えられる。

7. 考察とまとめ

本研究の結果から、住民にできる対策で災害廃棄物の削減が可能であることが定量的に示された。最優先の対策は、不要品の処分であると考えられる。不要品を処分することで、災害廃棄物量、処理期間、処理費用の削減に繋がる。特に、災害廃棄物として処理が困難な不要品をあらかじめ処分しておくことが重要であると言える。

また、ファーストレーンや不要品の処分の重要性を周知させることも必要である。災害廃棄物は、災害が発生した際にはメディア等に取り上げられることがあるが、すぐに忘れ去られてしまうのが現状である。しかし、その後災害が発生したときに災害廃棄物の問題は再認識される。定期的に住民へ周知を行うなど、災害廃棄物について風化させない社会づくりが重要である。

参考文献

- 1) 愛知県：愛知県災害廃棄物処理計画，2022
- 2) 環境省環境再生・資源循環局 災害廃棄物対策室：災害廃棄物対策指針 資料編（災害廃棄物の発生量の推計），【技14-2】，pp8-9，2019.4.1.
- 3) 環境省環境再生・資源循環局 災害廃棄物対策室：災害廃棄物対策指針（改定版），2018
- 4) 国立国会図書館 調査及び立法考査局：災害廃棄物対策をめぐる現状と課題，調査と情報—ISSUE BRIEF—，No.1129，2021
- 5) 消防庁災害対策本部：平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）について（第162報），2022

LCA を用いた都市内交通の CO₂ 排出量の算定

EC19058 樋口春輝

1. はじめに

現在、SDGs の 17 目標が掲げられ、世界的にサステナブルな社会を目指している。特に、地球上では様々な分野から 1 日に大量の CO₂ が排出されているため、まちづくりの分野においても SDGs やカーボンニュートラルの動向に対応する必要がある。

そこで本研究では、交通システムに注目し、製造から廃棄にわたる広い視野で CO₂ 排出量を把握することを目的とする。具体的には、都市内交通を対象に、LCA を用いて CO₂ 排出量を定量的に求め、環境面での特性を比較する。さらに、対象都市の交通手段の利用量を調査し、現在行っている政策を評価することで、CO₂ 排出量削減のための有効策を提案する。

2. 研究対象

2.1 対象都市

本研究では、名古屋市を対象都市とする。名古屋市における交通手段の分担割合を調べ、1 人 1 日当たりの CO₂ 排出量を算定する。この数値をもとに名古屋市全体の 1 日当たりの CO₂ 排出量を求める。

2.2 対象交通システム

主な都市内交通手段である、自転車、ガソリン乗用車、鉄道、バス、小型二輪車を対象とする。それらの製造、輸送時、使用時の CO₂ 排出量を、LCA を用いて算定し、それぞれの環境面の特性を見出す。

3. 名古屋市の代表交通手段の現状

図 1 に、第 5 回パーソントリップ調査の結果を示す。名古屋市における代表交通手段割合は東京都区部や大阪市と比べ、自動車利用は非常に高く、公共交通（鉄道・バス）利用は低くなっていることから、自動車利用に依存していると言える。一方で、名古屋市の代表交通手段割合の変化を見ると、鉄道・バ

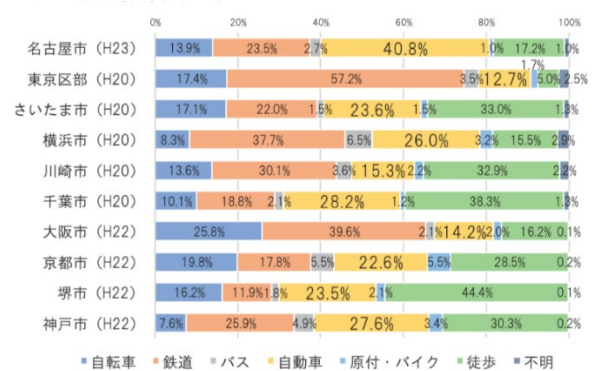


図 1 第 5 回パーソントリップ調査の結果



図 2 名古屋市の交通手段割合の変化

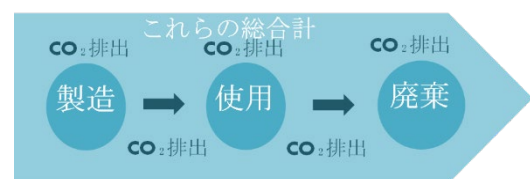


図 3 LCA の方法論

スに対する自動車の割合が年々減少していることが分かる（図 2）。

4. CO₂ 排出量の算定方法

4.1 ライフサイクルアセスメント (LCA)

ライフサイクルアセスメント(LCA)とは、製品・サービスの原料調達、原料生産、製品生産、流

通、消費、廃棄、リサイクルまでの、ライフサイクル全体にわたる環境負荷を定量的に求める手法である(図3)。

4.2 CO₂ 排出量算定の考え方

各交通システム(自転車、ガソリン乗用車、鉄道、バス、小型二輪車)の製造、輸送時、使用時のライフサイクルにわたるCO₂排出量を算定する。基本的な考え方を式(1)に示す。

$$\text{ライフサイクル CO}_2\text{排出量} = \Sigma (\text{活動量} \times \text{CO}_2\text{排出原単位}) \quad (1)$$

である。

なお、自転車の使用時には、化石燃料を消費しない代わりに、自転車をこぐ人間がカロリーを消費する。そのため、運転が必要な交通システムについては、カロリーの源である食料の製造に伴うCO₂排出量を考慮する。

5. CO₂ 排出量算定結果

5.1 都市内交通システムのCO₂ 排出量算定結果

図4~図8に、各都市内交通システムのCO₂排出量算定結果を示す。また、表1にそれらの数値をまとめる。

自転車は、他の交通システムと比べて最もCO₂排出量が少ない。対象の交通システム中で、使用時に唯一運動が必要であるため、食物製造時の割合が他と比べて高い。

ガソリン乗用車は、1台当たりのCO₂排出量で見ると、他と比べてCO₂の総排出量は少ない。利用者の多いことが要因であるといえる。

鉄道は、他と比べてCO₂排出量が最も多い。製造段階や使用年数の長さが要因といえる。さらに大きいのが使用段階である。

バスは、乗用車と比べると使用年数や燃費などの要因から燃料より使用時のCO₂排出量の割合が高くなったといえる。

小型二輪車は、乗用車やバスと比べて燃料消費率の低さから燃料の製造時のCO₂排出量の割合が高くなったといえる。

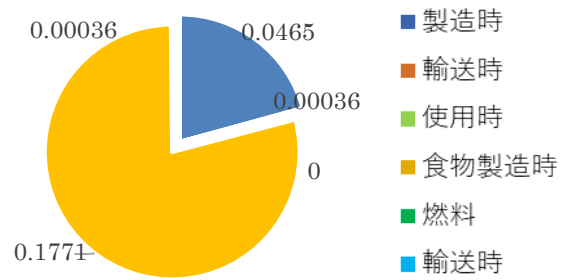


図4 CO₂ 排出量算定結果(自転車)

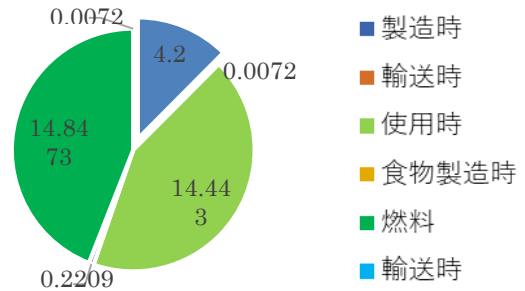


図5 CO₂ 排出量算定結果(ガソリン乗用車)

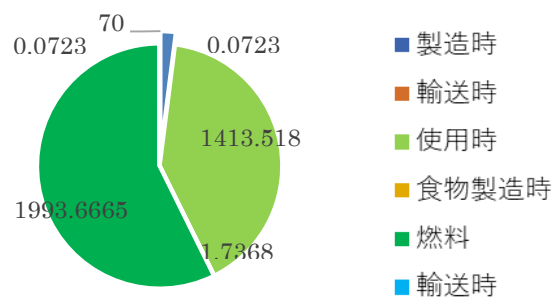


図6 CO₂ 排出量算定結果(鉄道)

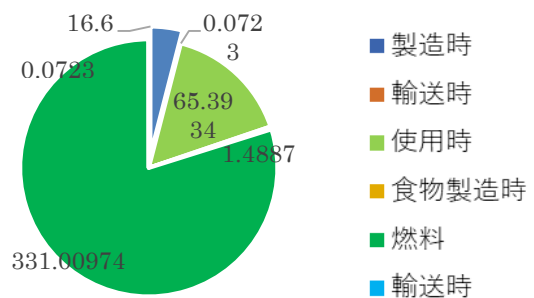


図7 CO₂ 排出量算定結果(バス)

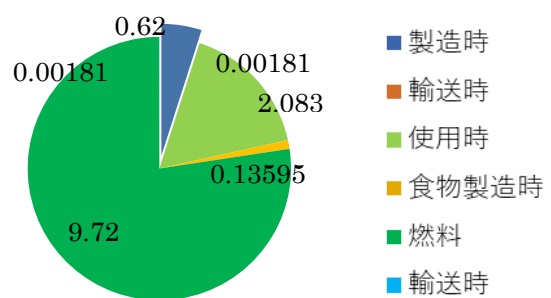


図8 CO₂ 排出量算定結果(小型二輪車)

5.2 名古屋市全体での算定

(1) 名古屋市全体の1日当たりのCO₂排出量

以下の式(2)から、名古屋市全体の1日当たりのCO₂排出量を算定する。名古屋市の交通手段分担率は、図9を用いる。算定結果を図10に示す。

$$\begin{aligned} & \text{名古屋市全体の1日当たりのCO}_2\text{排出量} \\ & = \text{名古屋市の交通システム分担率別使用人口} \\ & \quad \times 1 \text{人1日当たりのCO}_2\text{排出量} \quad (2) \end{aligned}$$

(2) 1km当たりのCO₂排出量

以下の式(3)から、1km当たりのCO₂排出量を算定する。算定結果を図11に示す。

$$\begin{aligned} & \text{1km当たりのCO}_2\text{排出量} \\ & = \text{総CO}_2\text{排出量} / \text{使用距離} \times 1000 \quad (3) \end{aligned}$$

(3) 結果の解釈

図10より、名古屋市全体で見た場合、利用割合の高い自動車の影響が大きく、その利用を減らすことが名古屋市におけるCO₂排出量の削減に最も有効であると考えられる。

図11より、1kmあたりのCO₂排出量でみると、鉄道が最も多い結果となった。距離だけを考慮した場合、このような結果になるが、鉄道は最も多くの利用者を運べるため、1人1km当たりのCO₂排出量は少なくできる。そのため、鉄道のような交通手段にモーダルシフトすることが重要であると言える。

6. 交通手段分担率の目標

名古屋市交通問題調査会の「名古屋市交通戦略」によると、今後の名古屋市の交通手段分担率を、現在の公共交通機関：自動車=4：6から5：5になるよう促し、さらに自転車の利用割合を向上させることは可能であると考えられる(図12)。これにより、名古屋市全体のCO₂排出量も減少する。

7. 名古屋市の取り組みの評価

名古屋市が名古屋市交通戦略2030において、新たな移動手段と仕組みの導入として挙げている以下の8つの取り組みがある。

1. パーソナルモビリティ
2. グリーンスローモビリティ

表1 CO₂排出量算定結果のまとめ

	自転車	乗用車	鉄道	バス	小型二輪車	単位
製造時	0.00036	4.2 ⁴⁾	70 ¹⁾	16.6 ¹⁾		0.62 ton-CO ₂ /台
輸送時	0.1771	0.0072	0.0723	0.0723		0.00181 ton-CO ₂ /台
使用時		014.4432 ⁴⁾	1413.518 ¹⁾	65.3934 ¹⁾		2.0832 ²⁾ ton-CO ₂ /台
食物製造時	0.00036	0.2209	1.7368	1.4887		0.13595 ton-CO ₂ /台
燃料製造時	0	14.8473	1993.665	331.0097		9.72 ton-CO ₂ /台
輸送時	0.00036	0.0072	0.0723	0.0723		0.00181 ton-CO ₂ /台
合計	0.22432	33.72808	2729.572	414.6364		12.56257 ton-CO ₂ /台

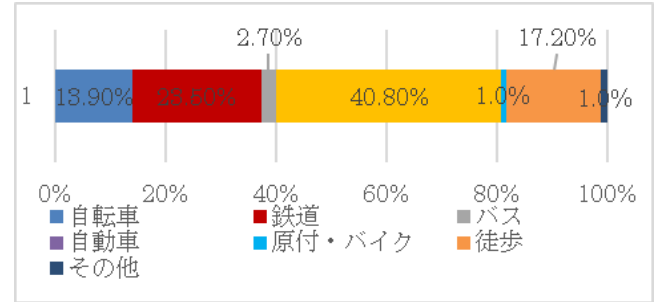


図9 名古屋市の交通手段分担率 (現状)

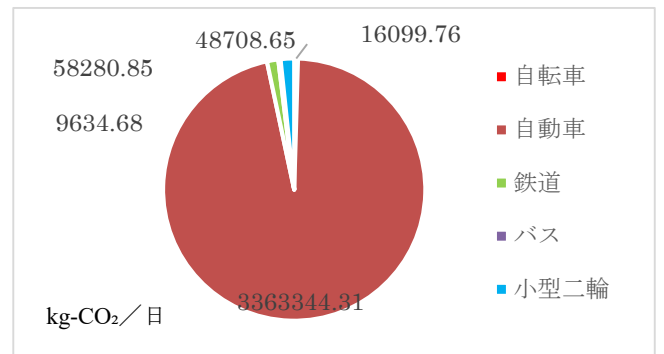


図10 名古屋市全体の1日のCO₂の排出量

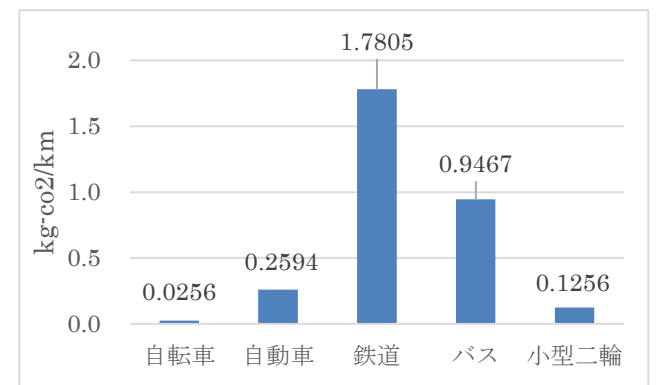


図11 1kmあたりのCO₂排出量

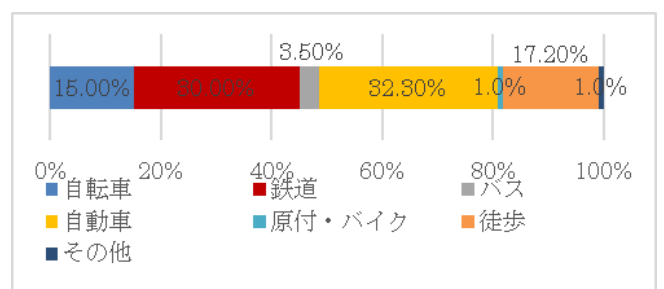


図12 名古屋市の交通手段分担率 (目標)

3. デマンド交通
4. シェアリング
5. パークアイランド
6. 駐車マネジメント
7. ダイナミックプライシング
8. MaaS

これらについて、CO₂ 排出量削減の観点から、以下の 6 項目で評価する。

- ① 自動車利用量の削減に有効か
- ② バスの利用量の増加に有効か
- ③ 鉄道の利用量の増加に有効か
- ④ 自転車の利用量の増加に有効か
- ⑤ その他の公共交通機関の利用量増加に有効か
- ⑥ ハード面、ソフト面のどちらの政策か（ハード面の場合、取り組み時に CO₂排出量が発生する可能性が高い）

評価は、◎（非常に有効）、○（有効）、△（どちらでもない）、×（有効でない）とし、現在名古屋市が取り組んでいる政策⁴⁾に優先順位つける。

評価結果を表 2 に、優先順位を表 3 に示す。名古屋市の取り組みは、交通システム全体に対して有効な政策の優先順位が高いと考えられる。また、工事や製造時の CO₂ 排出量が少ない、ソフト面の取り組みを優先すべきと考えられる。

8. まとめ

一般に、交通手段の選択肢が少ない場合、自動車を使用する割合が高いと考えられる。名古屋市は交通システムが充実した市ではあるものの、個人で見た場合、それらの充実した交通システムを有効に利用できていないと考えられる。よって、デマンド交通や MaaS など、交通手段の選択肢を増やすことが有効であると考えられる。これにより、公共交通機関の利用率が上がり、結果的に名古屋市全体の CO₂ 排出量を減らすことができると考える。さらに、これらの交通手段の選択肢が増えつつある現状を多くの人に理解してもらうことも必要だと考える。そのための宣伝活動やキャンペーンなどを用いた取り組みの認知度向上が今後の課題であると言える。

表 2 名古屋市の取り組みの評価

	①	②	③	④	⑤	⑥
1, パーソナルモビリティ	○	×	×	×	△	どちらでもない
2, グリーンスローモビリティ	○	×	×	×	△	どちらでもない
3, デマンド交通	○	◎	○	×	○	ソフト面
4, シェアリング	○	×	△	◎	△	ソフト面
5, パークアイランド	◎	○	○	×	○	ハード面
6, 駐車マネジメント	○	○	○	×	○	ハード面
7, ダイナミックプライシング	○	△	△	×	△	ソフト面
8, MaaS	○	○	○	×	○	ソフト面

表 3 名古屋市の取り組みの優先順位

優先順位	
1	デマンド交通
2	MaaS
3	シェアリング
4	パークアイランド
5	駐車マネジメント
6	ダイナミックプライシング
7	パーソナルモビリティ
8	グリーンスローモビリティ

参考文献

- 1) 環境省：再生可能エネルギー及び水素エネルギー等の温室効果ガス削減効果に関する LCA ガイドライン pp.1-2, 2003, <https://www.env.go.jp/earth/ondanka/lca/index.html> (参照 2022-10-27)
- 2) 森本涼子, 伊藤圭, 山本充洋, 加藤博和, 柴原尚希：都市内旅客交通手段のライフサイクル CO₂ 排出量比較, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.68, No.5(土木計画学研究・論文集第 29 巻), pp.I_285-I_290, 2012.
- 3) 国土交通省：運搬部門における二酸化炭素排出量, https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html (参照 2022-12-6)
- 4) 名古屋市交通問題調査会：名古屋交通戦略 2030～最先端モビリティ都市の実現に向けて～, 諮問第 4 号答, 2022
- 5) 山本充洋, 加藤博和, 伊藤圭：将来の車両・エネルギー技術進歩が運搬部門 CO₂ 排出量に与える影響の評価, 第 18 回地球環境シンポジウム講演集, pp.77-80, 2010

測量環境に応じた GNSS 測量機の精度に関する研究

EC19081 山本次郎

1. はじめに

1.1 背景

日本は地形が複雑で変動が著しく、近年では以前に増して自然災害が多発し、人命や構造物に大きな被害が生じている。自然災害が起きた際に地理状況をいち早く測量し、現状を把握することが被災地の早期復旧に繋がると考えられる。これまで、国土の測量は反復して行われてきたが、地理状況を容易かつ迅速に把握することが人命を守るため、また二次災害を防ぐためにもますます重要になってきている。そのための方法として、近年精度が著しく向上している衛星測位システムを使用した GNSS 測量が注目されている。

1.2 研究の目的

本研究では、GNSS 測量機を用いた測量の精度を検証し、どのような場合の測量に用いるのが適しているかを知ることが目的とする。また、既存の基準点で比較的障害物の少ない測点を選び、測定した数値と既存の数値との誤差が大きくなる要因について、周辺環境を踏まえて明らかにする。また、今回用いる GNSS 測量機は、中部大学に今年度新規導入された機器のため、他の研究調査、実習等などを手軽に利用してもらうための手順書も合わせて作成する。

2. GNSS 測量機の概要

GNSS 測量は、受信機と専用アプリを用いて RTK ネットワークにより電子基準点からの補正情報を得て行う観測である。GNSS は自動運転などにも使用されている技術である。本研究では、中部大学が保有する GEO WALKER (GNSS 測量機) を使用し、測量を行う。

3. 測量環境が精度に与える影響の検証

3.1 方法

以下の手順で測量を行う。写真 1 に測点の状況、写真 2 に基準点における観測の様子を示す。

- 1) 国土地理院で既存の基準点の情報を調べる。
- 2) 1) で調べた基準点の周辺を調査し観測する基準点を決定する。
- 3) 基準点に受信機を据え付け 30 分間、5 分おきに計 7 回観測する。
- 4) 観測を行うときに衛星状況も記録する。
- 5) 観測した結果を表やグラフにまとめる。



写真 1 基準点の状況



写真 2 基準点における観測の様子

3.2 結果

(1)国道 19 号線沿い三級基準点 20 基Ⅲ22.40L、(2)中部大学基準点 2、(3)中部大学バス停前藤が丘四等三角点、(4)二級基準点 U-R3-2-3 の 4 点において、2022 年 8 月 16 日 10 時～13 時に観測を行った。また、11 月 8 日に(2)中部大学基準点 2 と(4)二級基準点 U-R3-2-3 の 2 点を再度観測した。観測結果を表 1、表 2 に示す。

(1)国道 19 号線沿い三級基準点 20 基Ⅲ22.40L では、平均誤差 $X=-0.009$ 、 $Y=0.015$ 、最大誤差 $X=-0.018$ 、 $Y=0.024$ であり、(3)中部大学バス停前藤が丘四等三角点では、平均誤差 $X=0.002$ 、 $Y=0.024$ 、最大誤差が $X=-0.010$ 、 $Y=0.029$ と誤差が少ない観測結果が得られた。これは、障害物が低く観測に邪魔になる物が無いことが理由であると考えられる。

一方、(4)二級基準点 U-R3-2-3 では、障害物は無かったものの、標高の測定値が 3 回目の測定以降、突然 6cm 以上ずれはじめ、それが観測終了まで続いた。一般的に、ネットワーク型 RTK・GNSS の精度は、Fix 状態で水平 XY 座標が 1～4cm、標高が 2～5cm 以内とされていることと比べて、よい精度が得られなかった。考えられる理由として、観測途中に発生した雷の影響が考えられる。後日、雷が発生していない状況で再観測を行ったところ、表 4 に示す通り正常な数値を観測することができた。このことから、雷など電波を害する要因が発生すると観測結果（精度）に大きな影響を与えることがわかった。

表 1 国道 19 号線沿い三級基準点 20 基Ⅲ22.40L における観測結果

	X 座標[m]	X 誤差[m]	Y 座標[m]	Y 誤差[m]	標高[m]	H 誤差[m]
22.4L	-80443.326		-14590.423		72.329	
平均	-80443.335	-0.009	-14590.408	0.015	72.331	0.0023

表 2 中部大学バス停前藤が丘四等三角点における観測結果

	X 座標[m]	X 誤差[m]	Y 座標[m]	Y 誤差[m]	標高[m]	H 誤差[m]
四等	-80816.900		-13756.188		57.950	
平均	-80816.898	0.002	-13756.164	0.024	57.955	0.005

表 3 二級基準点 U-R3-2-3 における観測結果（雷発生時）

	X 座標[m]	X 誤差[m]	Y 座標[m]	Y 誤差[m]	標高[m]	H 誤差[m]	測定時間
U-R3	-80747.558		-13331.938		45.527		
U-R-1	-80747.555	0.003	-13331.936	0.002	45.533	0.006	12:57
U-R-2	-80747.551	0.007	-13331.942	-0.004	45.565	0.038	13:03
U-R-3	-80747.540	0.018	-13331.950	-0.012	45.600	0.073	13:08
U-R-4	-80747.528	0.030	-13331.950	-0.012	45.626	0.099	13:13
U-R-5	-80747.515	0.043	-13331.947	-0.009	45.607	0.080	13:18
U-R-6	-80747.532	0.026	-13331.945	-0.007	45.597	0.070	13:24
U-R-7	-80747.527	0.031	-13331.939	-0.001	45.598	0.071	13:29
平均	-80747.535	0.023	-13331.944	-0.006	45.589	0.062	

表 4 二級基準点 U-R3-2-3 における観測結果 (平常時)

	X 座標[m]	X 誤差[m]	Y 座標[m]	Y 誤差[m]	標高[m]	H 誤差[m]	測定時間
U-R3	-80747.558		-13331.938		45.527		
U-R-1	-80747.575	-0.017	-13331.918	0.020	45.530	0.003	11:02
U-R-2	-80747.566	-0.008	-13331.916	0.022	45.528	0.001	11:07
U-R-3	-80747.564	-0.006	-13331.918	0.020	45.556	0.029	11:12
U-R-4	-80747.569	-0.011	-13331.926	0.012	45.550	0.023	11:17
U-R-5	-80747.569	-0.011	-13331.921	0.017	45.548	0.021	11:22
U-R-6	-80747.562	-0.004	-13331.923	0.015	45.508	-0.019	11:27
U-R-7	-80747.561	-0.003	-13331.922	0.016	45.531	0.004	11:32
平均	-80747.567	-0.009	-13331.921	0.017	45.536	0.009	

次に、(2)中部大学基準点2は、他の測点とは異なり、比較的建物や木に囲まれている障害物が多い点である。観測値はよい精度であったが、図1に示す通り、障害物の場所から衛星の電波を受信するマルチパスという現象が生じた。マルチパスは、建物などで反射した電波を受信してしまう現象である。自動運転の普及を阻害する問題点としてよく挙げられる。マルチパスではなく、木をすり抜けてきた可能性も考えられるが、写真3に示すように、建物が存在する角度から電波を受信しているためマルチパスが起きていると判断できる。再度行った観測結果からも別の位置からマルチパスが生じてしまっていたため、高い障害物が周りに存在するとマルチパスが起きやすいことが分かった。

表 5 中部大学基準点2における観測結果

	X 座標[m]	X 誤差[m]	Y 座標[m]	Y 誤差[m]	標高[m]	H 誤差[m]
基 2	-80576.252		-13802.425		78.154	
平均	-80576.265	-0.011	-13802.418	0.010	78.144	-0.001

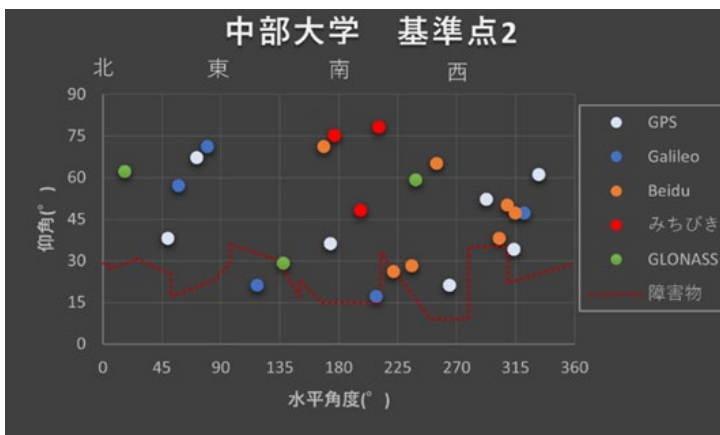


図 1 中部大学基準点2 衛星状況



写真 3 マルチパス発生角度

4. 考察

表 1～5 に示す通り、観測結果（再測を含む）は、平面座標 XY について最大誤差が 4cm 以内、標高について最大誤差が 5cm 以内となり、本研究で用いた GNSS 測量機（GEO WALKER）が観測に適している機械であることが分かった。

しかし、雷が生じると衛星と受信機の間で電波障害（電波到達時間遅延）が発生し、よい精度が得られないことが分かった。天気予報で雷等の気象異変が予報されていないことを確認した上で測定を行い、測定中に雷等が発生した場合には、直ちに観測を中止する必要があると考えられる。

また、(2)中部大学基準点2のように周りが高い障害物で囲まれていると、反射した電波を受信してしまうマルチパスが起きやすいことが分かった。マルチパスは、衛星を受信する仰角を狭くし、真上の衛星しか使用しないように設定することで発生しなくなると考えられる。ただし、観測衛星の数、配置も精度に大きく影響を及ぼすとされているため、設定には十分注意することが必要である。

5. まとめ

本研究では、GNSS 測量機を用いた測定の精度の検証を行った。GNSS 測量を実施する際には、電波に影響が出ない雷や雪等が発生しておらず、高い障害物が無い場所で行う場合に正確に観測することができることが分かった。また、GNSS は自動運転でも使用されている技術であることから、精度確保や障害について考えることはますます重要になる。今後の課題として、障害物が多い場所での精度検証（衛星受信仰角を変更する事によりマルチパスを発生させない条件での精度、衛星数、配置など）が必要である。

謝辞

本研究の実施にあたり、教育技術員の橋詰朋幸様から GNSS 測量機の取り扱いや観測方法等の指導を受けた。ここに記して感謝を表す。

参考文献

- 1) 国土地理院：基準点・測地観測データ，<https://www.gsi.go.jp/kizyunten.html>（参照 2023-1-16）
- 2) 測位技術振興会：GNSS の基本知識，<https://jsapt.net/ja/post/17060701>（参照 2023-1-16）
- 3) 株式会社 CSS 技術開発：測量・3次元データのことなら，<https://www.css24.jp>（参照 2023-1-16）
- 4) 国土地理院：GNSS を使用した測量のいろいろ，<https://www.gsi.go.jp/denshi/denshi45009.html>（参照 2023-1-16）
- 5) 内閣府：みちびき（準天頂衛星システム：QZSS）公式サイト，<https://qzss.go.jp/index.html>（参照 2023-1-16）
- 6) AKT アカサカテック：RTK-GNSS とは？ 測位方法の違いや精度を高めるデジタル簡易無線機のメリットを紹介，<https://www.akasakatec.com/blog/4138/>（参照 2023-1-16）
- 7) 情報通信研究機構：電離圏観測の概要，<https://iono-syowa.nict.go.jp/iono/outline.html>（参照 2023-1-16）

岐阜県の都市公園における SDGs 政策の実施状況調査

EC19082 義村晴也

1. 研究背景と目的

新型コロナウイルス感染症拡大をきっかけに、キャンプなどのアウトドアをする人が多くなった中、近場で気軽に訪れることができる公園には、お年寄りや子供連れの家族、カップルで足を運ぶ人達が増えている。一方、持続可能な開発目標（SDGs）が世界的に重要視されている。市民にとって公園はやすらぎの場所として利用されており、環境や防災の観点からも非常に重要な空間であることから、公園が SDGs にどれほど対応できているか明らかにすることが重要であると考えられる。

そこで本研究では、岐阜県にある都市基幹公園、大規模公園において、SDGs の 17 目標に関連する政策がどれほど実施されているかを調査することを目的とする。さらに、新たな SDGs 政策に取り組むためには何が重要であるかを考察する。

2. 研究方法

本研究は、以下の手順で実施する。

- 1) SDGs の 17 目標から公園に関連する項目をピックアップし、公園において取り組まれている環境政策、防災対策、社会政策等について、その事項を SDGs に関連づけてまとめる。
- 2) 対象とする岐阜県の都市基幹公園、大規模公園の公式ウェブサイトや市のホームページを参考に、公園の場所や敷地面積を調べる。さらに、実際に公園を訪問し、1)に当てはまる事項について調査し、写真やメモに記録する。
- 3) 調査結果を SDGs の目標ごとに集計する。また、訪問した公園の中で、新たに実施可能な SDGs 政策を公園の存在効果の観点を含めて提案する。

3. 公園と SDGs の関連

3.1 都市公園の分類

都市公園とは、都市計画法によって位置づけられる都市計画公園または緑地、あるいは国および地方公

共団体が都市計画区域内に設置する公園または緑である（都市公園法第 2 条）。

市民のやすらぎの場所として存在しているだけでなく、都市の安全性を向上させ、災害発生時には市民を守る防災公園としての役割もある。また、豊かな地域作りのための環境政策や地域の活性化に繋がる役割もある。

公園は様々な種類に分類されるが、本研究で調査対象とする公園は、表 1 の定義に従い、都市基幹公園（総合公園、運動公園）、大規模公園（広域公園）に分類する。

表 1 公園の分類

種別	定義
総合公園	都市に住む全体の人たちが、休憩、観賞、遊戯、運動など総合的に利用できるよう施設が配置された公園 (標準面積 10~50ha、緑化面積率 50%以上)
運動公園	都市住民全体が主として運動ができるよう、運動施設の敷地面積が 25%以上 50%以下の範囲内において、野球場、サッカー場、陸上競技場、テニスコート、体育館、プールなどの運動施設が配置された公園 (標準面積 15~75ha、緑化面積率 30%以上)
広域公園	主として一つの市町村の区域を超える広域のレクリエーション需要を充足することを目的とされた公園 (標準面積 50ha 以上)

3.2 持続可能な開発目標（SDGs）

持続可能な開発目標（SDGs）とは、Sustainable Development Goals の略称であり、2015 年ニューヨークの国連本部で行われた国連サミットで採択された、国連 193 カ国が達成を目指す 2016 年から 2030 年までの国際目標である。貧困や飢餓、健康、教育、ジェンダー平等、近代的エネルギーのアクセス、経済成長、包摂的かつ持続可能な産業化、気候変動、海洋資源・森

林・生態系の保護、平和で包摂的な社会、持続可能な開発のための目標が掲げられている。地球規模の問題を解決するために、「誰一人取り残さない」という共通理念のもと、SDGsでは17の目標が掲げられ、具体的な内容や対象として169のターゲットが設定されている。

本研究では、まずSDGsの17目標のうち公園に関する項目をピックアップする(表2)。次に、ピックアップした目標の中から公園で実施可能な政策を挙げる(表3)。政策を整理したチェックリストを用いて、岐阜県における都市基幹公園、大規模公園で実際に行われているSDGs政策を調査する。

表4 岐阜県の調査対象公園

名前	市	敷地面積
境川緑道公園	岐阜市	17.3h
柏森公園	岐阜市	27.5h
岐阜公園	岐阜市	21.4h
岐阜メモリアルセンター	岐阜市	23.0h
岐阜市畜産センター公園	岐阜市	26.5h
岐阜ファミリーパーク	岐阜市	58.6h
浅中公園	大垣市	11.8h
杭瀬川スポーツ公園	大垣市	15.0h
かみいしづ緑の村公園	大垣市	15.0h
城山公園	高山市	24.63h
中山公園	高山市	12.91h
喜多緑地	多治見市	29.2h
岐阜県百年公園	関市	100.0h
中池公園	関市	24.0h
中津川公園	中津川市	34.4h
星ヶ見公園	中津川市	15.1h
小倉公園	美濃市	10.2h
美濃市運動公園	美濃市	13.1h
瑞浪市民公園	瑞浪市	29.5h
まきがね公園	恵那市	11.7h
前平公園	美濃加茂市	13.1h
平成記念公園	美濃加茂市	107.0h
みのかも健康の森	美濃加茂市	128.0h
土岐市総合公園	土岐市	19.6h
木曽三川公園センター	海津市	12.2h
各務原公園	各務原市	10.2h
各務野自然遺産の森	各務原市	36.8h
オアシスパーク	各務原市	50.0h
花フェスタ記念公園	可児市	80.0ha
平田リバーサイドプラザ	海津市	27.0h
養老公園	養老郡養老町	78.5h
朝倉運動公園	不破郡垂井町	16.1h
半布ヶ丘公園	加茂郡富加町	10.3h
南山公園	可児郡御嵩町	11.3h

表2 SDGsの17目標のうち公園に関する項目

目標3	すべての人に健康と福祉を
目標4	質の高い教育をみんなに
目標6	安全な水とトイレを世界中に
目標7	エネルギーをみんなにそしてクリーンに
目標11	住み続けられるまちづくりを
目標12	つくる責任つかう責任
目標13	気候変動に具体的な対策を
目標15	陸の豊かさを守ろう

表3 公園に関するSDGs政策

目標	SDGs 3		SDGs 4	
政策	健康器具	ベンチ	子供が参加できるイベント	
Ox-				
目標	SDGs 6		SDGs 7	
政策	トイレの洋式化	バリアフリートイレ	再生可能エネルギー	
Ox-				
目標	SDGs 11		SDGs 12	
政策	ユニバーサルデザイン	誰もが参加できるイベント	管理人の駐在	公園の安全管理
Ox-				
目標	SDGs 13		SDGs 15	
政策	避難所の認知	防災倉庫	ゴミの清掃活動	保安林
Ox-				

4. 調査対象公園

訪問調査を実施する岐阜県の都市基幹公園、大規模公園を表4に示す。岐阜市の6つの公園をはじめ、34公園を対象とする。内訳は、総合公園が20、運動公園が7、広域公園が7である(図1)。

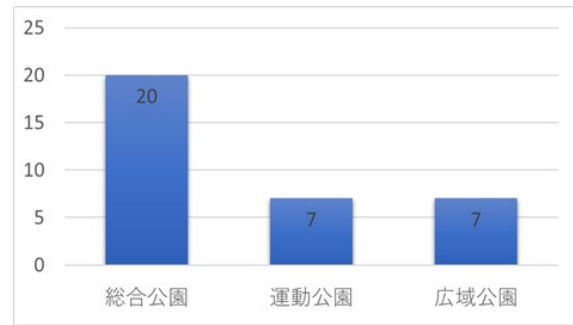


図1 調査対象公園の分類

5. SDGs 政策実施の判断基準

SDGs 政策が実施されていると判断するための基準を目標ごとに設定する。以下に、目標3と目標7の例を示す。

(例1) 目標3「すべての人に健康と福祉を」

写真1に示すように、健康器具が設置されていれば、目標3に関する政策を実施していると判断する。



写真1 土岐市総合公園の健康器具

(例2) 目標7「エネルギーをみんなにそしてクリーンに」

写真2に示すように、太陽光パネルや太陽光電灯など系統電力を使わない設備が設置されていれば、目標7に関する政策を実施していると判断する。



写真2 オアシスパークの太陽光パネル

6. 調査結果

6.1 目標3~7に関する政策の実施状況

目標3~7に関する政策の実施状況を図2に示す。目標3に関連するベンチはすべての公園で設置されていたが、健康器具が設置されている公園は11にとどまっている。目標6に関連するバリアフリートイレの設置やトイレの洋式化にもほとんどの公園が取り組んでいる。

6.2 目標11~15に関する政策の実施状況

目標11~15に関する実施状況を図3に示す。目標15に関連するゴミの清掃活動に取り組んでいる公園が最も多く、次いで目標11関連のユニバーサルデザインや管理人の駐在である。なお、34公園のうち、14公園は防災公園ではないため、目標13の防災倉庫の設置と避難所の認知の項目はカウントしていない(図3のグレーの分類)。

6.3 調査結果に関する考察

図2、図3の岐阜県における都市基幹公園、大規模公園の調査結果から、子供向けのイベントや誰でも参

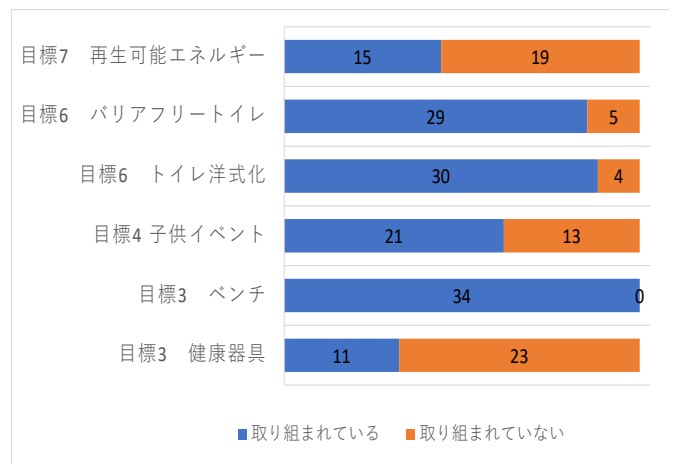


図2 目標3~7に関する政策の実施状況

加できるイベントに関する SDGs 政策が不足していると言える。これらの政策を実施すれば、地域の活性化や他県への魅力の発信といった効果が高まることも考えられる。

7. 新たな SDGs 政策の提案

調査対象公園のうち、利用効果や存在効果の向上の観点から、美濃加茂市の前平公園において新たな SDGs 政策に関する取り組みを考える。前平公園の SDGs 政策の現状を表 5 に示す。前平公園には約 3 ヘクタールの多目的広場が存在する(写真 3)。利用効果として、この場所でスポーツやレクリエーションを扱ったイベントや地元のお祭りを行うことで社会性の増進や美濃加茂市以外に住む人達への情報発信が期待できる。存在効果としては、現状でも木々や芝生がたくさん植えてあり心理的効果や災害防止効果が感じられる公園となっており、イベントの実施によりその意義の発信にもつながると考えられる。

8. まとめ

本研究では、公園が SDGs 政策とどのような関係があり、岐阜県の公園を訪問調査することにより、政策の実施状況について明らかにすることができた。

SDGs の政策は幅広く、県や市が「できそうなこと」「できること」から実施することで、公園の「将来の世代がそのニーズを満たせる能力を損なうことなしに、現在のニーズを満たす開発」ができると考えられる。また、政策を実施するだけでなく、発信していくことで地域の活性化にもつながると言える。

参考文献

- 1) 日本 SDGs 協会：SDGs について (参照 2022-12-10), <https://japansdgs.net/sdgs/>
- 2) 岐阜県：岐阜県の都市公園 (参照 2022-11-20), <https://www.pref.gifu.lg.jp/page/56663.html>
- 3) パークフル：岐阜県の大規模公園一覧 (参照 2022-12-20), https://parkful.net/parklist/park_gifu/
- 4) 地図ナビ：岐阜県の地図・場所 (参照 2022-12-20), <https://www.map-navi.com/a21.html>

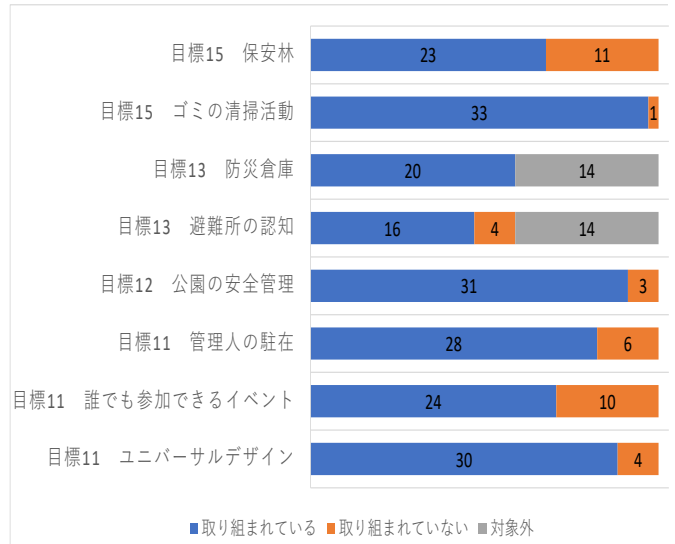


図 3 目標 11~15 に関する政策の実施状況

表 5 前平公園の政策

目標	SDGs 3		SDGs 4	
政策	健康器具	ベンチ	子供が参加できるイベント	
○×-	x	○	x	
目標	SDGs 6		SDGs 7	
政策	トイレの洋式化	バリアフリートイレ	再生可能エネルギー	
○×-	x	x	○	
目標	SDGs 11			SDGs 12
政策	ユニバーサルデザイン	誰もが参加できるイベント	管理人の駐在	公園の安全管理
○×-	x	x	x	○
目標	SDGs 13		SDGs 15	
政策	避難所の認知	防災倉庫	ゴミの清掃活動	保安林
○×-	○	○	○	-



写真 3 前平公園の多目的広場