

10. 持続可能な移動手段の環境有効性の評価

環境・生命工学系 准教授 後藤 尚弘

10-1 二輪EVの利用実態調査

温室効果ガス排出抑制対策の一つとしてエコカーなどの新しい交通手段が注目されている。ハイブリッドカーなどのエコカーよりも炭酸ガス排出量を大きく削減することが期待される電動バイクや電動アシスト自転車が注目されている。昨年度は電動バイクや電動アシスト自転車を最大限導入することによる炭酸ガス排出削減量を推計した。本年度は長期実態調査に基づき、より実際の利用形態を考慮した炭酸ガス排出削減量を目的とした。

(1) 二輪EVの利用実態調査

① 二輪EVの長期通勤利用実態調査

電動バイク、電動アシスト自転車を通勤利用する被験者それぞれ1名を選定し、1年間運転してもらい、乗車の有無（通勤利用に限る）とその理由についての調査を実施した。なお、本調査における被験者は電動バイク、電動アシスト自転車それぞれ1名ずつであるため、調査結果は必ずしも代表性があるとはいえない。しかしながら、現在、被験者数を増やしており、次年度以降にデータを増やす予定である。

利用した二輪EVは電動バイクがSUZUKI e-Let's、電動アシスト付き自転車がYAMAHA PAS ナチュラMである。以下に写真と仕様を示す。



図 10-1-1 SUZUKI e-Let's



図 10-1-2 YAMAHA PAS ナチュラM

表 10-1-1 SUZUKI e-Let's 仕様

全長 / 全幅 / 全高	1,665mm / 600mm / 985mm			軸間距離	1,150mm
最低地上高	130mm	シート高	695mm	装備重量※	72kg
一充電走行距離	30km	最小回転半径	1.8m	原動機型式	Z801

原動機種類	交流同期電動機	定格出力	0.58kW	
最高出力	1.7kW/ 2,050rpm		最大トルク	15N・m/ 350rpm
バッテリー種類	リチウムイオン電池	バッテリー電圧/容量	50.4V-14.2Ah (5h)	
充電時間 約	4時間	バッテリー充電電源	一般家庭用 AC100V (単相)	

※：バッテリー充電器を除く重量。(参考：バッテリー2個搭載時は80kg)

表 10-1-2 YAMAHA PAS ナチュラ M 仕様

サイズ	26インチ	変速段数	3段変速付き	サドル高さ	745~885mm
26インチ	約25.5kg	バッテリー	6.6Ah リチウムイオンバッテリー		
充電時間	約3.5時間				
走行距離	強モード走行：約24km	標準モード：約29km	オートエコモードプラス：約35km		

②二輪EVの短期利用実態調査

豊橋市役所、(株)スズキと共同で社会実験を実施した。(株)スズキより電動バイク2台を借り受け、豊橋市役所に公用車として利用を実施した。

(2) 電動アシスト付き自転車の長期通勤利用実態調査結果

①総利用割合

全日程における期間中出勤日は168日であり、そのうち利用・不利用の割合は図のとおりである。半数以上が不利用であった。次に、不利用の理由の内訳を図に示す。最も多い不利用の理由は通勤以外の予定であった。次いで雨と雨、雪予報であった。

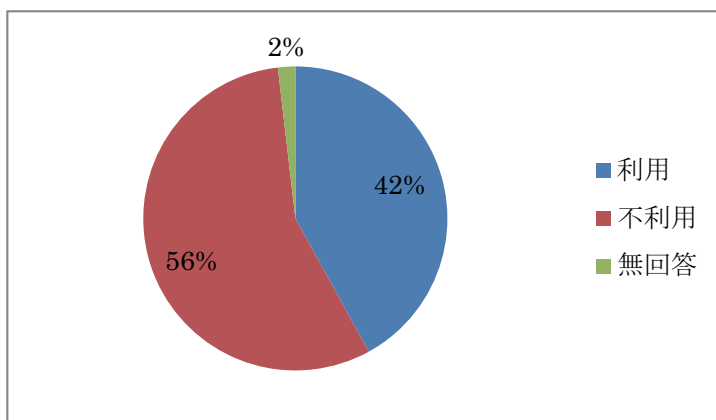


図 10-1-3 全出勤日における電動アシスト付き自転車の利用実態

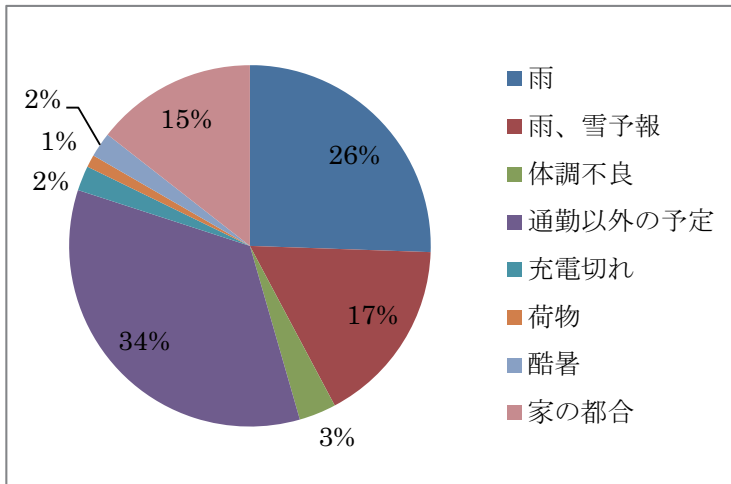


図 10-1-4 全出勤日における電動アシスト付き自転車の不利用理由

②天候別利用割合

次に天候別の利用割合を示す。図は晴天時における電動アシスト付き自転車の利用実態である。こちらも図と同様に、出勤日のうち電動アシスト付き自転車を通勤利用した日は約半数にとどまっている。次に、晴天時の不利用の理由の内訳を図に示す。最も多い不利用の理由は通勤以外の予定であった。次いで家庭の都合、雨予報であった。

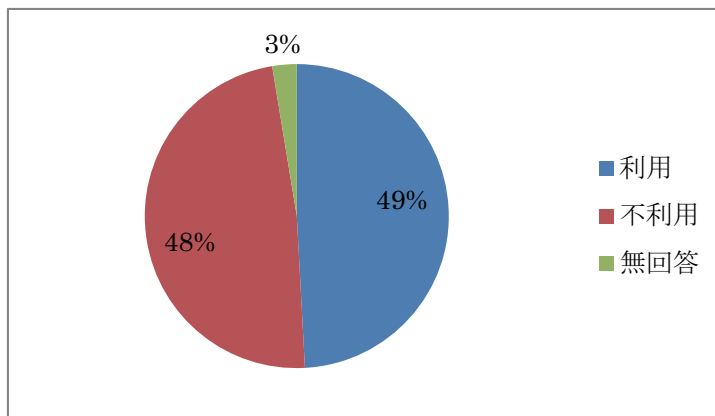


図 10-1-5 晴天時における電動アシスト付き自転車の利用実態

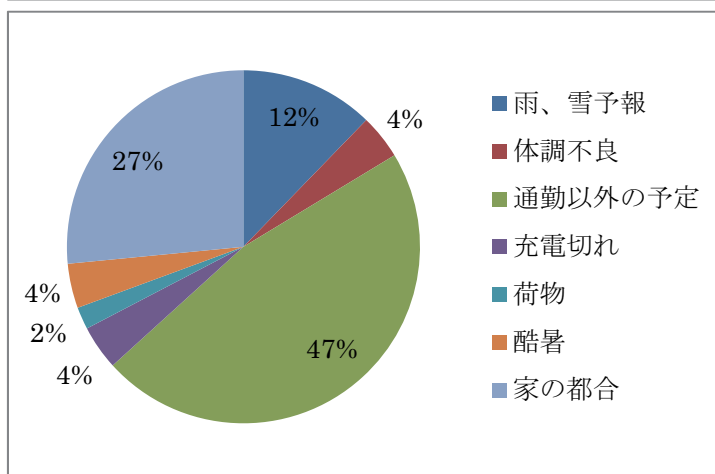


図 10-1-6 晴天時における電動アシスト付き自転車の不利用理由

次に曇天時の利用割合を示す。図は曇天時における電動アシスト付き自転車の利用実態である。曇天時の場合に、出勤日のうち電動アシスト付き自転車を通勤利用した日は約 30%にとどまって

いる。次に、曇天時の不利用の理由の内訳を図に示す。最も多い不利用の理由は雨予報の予定であった。次いで通勤以外の予定，体調不良であった。雨天時は 100%不利用であるために，図は割愛した。

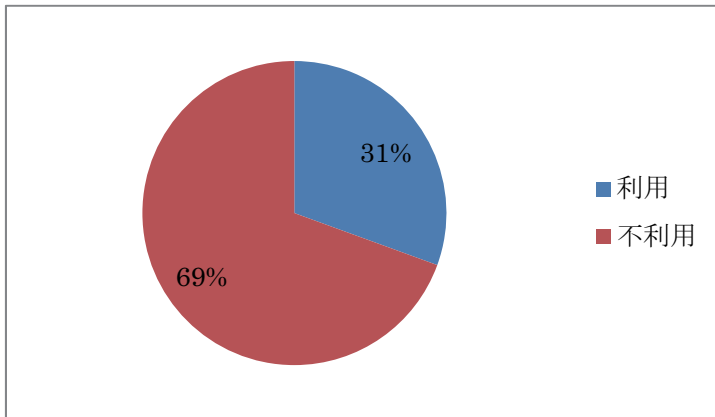


図 10-1-7 曇天時における電動アシスト付き自転車の利用実態

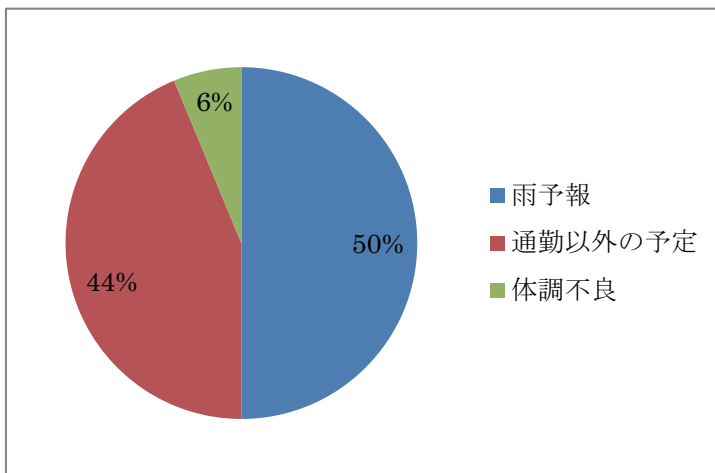


図 10-1-8 曇天時における電動アシスト付き自転車の不利用理由

③気温との関係

最高気温と電動アシスト付き自転車の不利用率の関係を示す。30-36℃もしくは 0-4℃での不利用率が上昇している。特に高温の場合は非利用の理由として「酷暑」が挙げられるので，自転車利用は酷暑によって身体の快適性が著しく損なわれることが確認されたといえよう。また，最低気温と電動アシスト付き自転車の不利用率の関係を示す。図によると最低気温が上昇するにつれて，不利用率が上昇している。最低気温はほとんどが早朝に記録されることから，出勤時の体感に関係が深いと思われる。特に最低気温 25℃以上での不利用率が急激に上昇している。

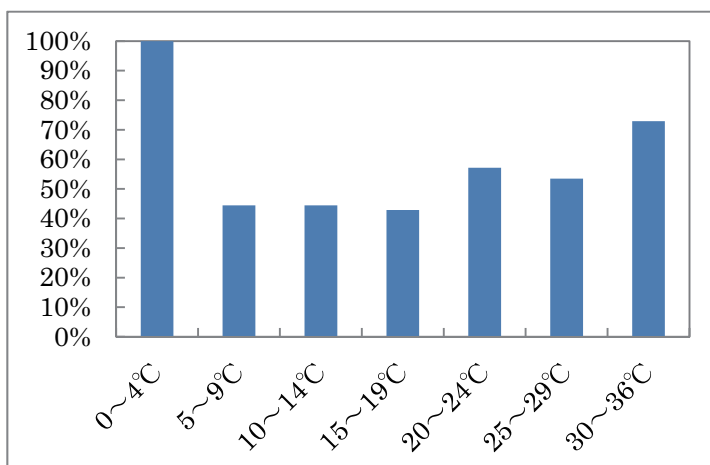


図 10-1-9 最高気温と電動アシスト付き自転車の不利用率の関係

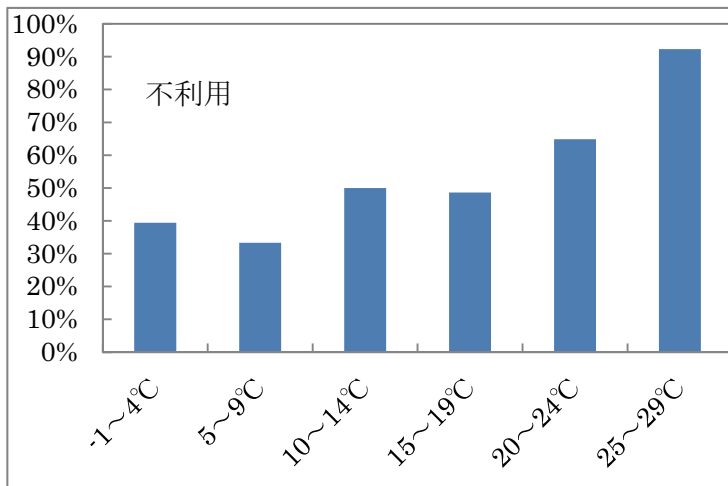


図 10-1-10 最低気温と電動アシスト付き自転車の不利用率の関係

④まとめ

電動アシスト付き自転車の通勤利用についての実態を調査した。それまでに通勤で自家用車を使っていた人が電動アシスト付き自転車を通勤利用した場合、その利用頻度は全通勤日の約半数であることがわかった。電動アシスト付き自転車を使用しなかった理由で最も多かったのが「所用がある」とのことから、自転車の特性に起因する理由（雨天、身体的疲労など）ではなく、ライフスタイルに起因する理由から自転車を利用しないことがわかる。一方、気温との関係から、高温での自転車利用率も下がることがわかった。

(3) 電動バイクの長期通勤利用実態調査結果

①総利用割合

期間中出勤日の電動バイクの利用・不利用の割合は図のとおりである。半数近くが不利用であった。次に、不利用の理由の内訳を図に示す。最も多い不利用の理由は業務で乗用車を利用する予定があったためであった。次いで雨、私用であった。電動バイク不利用として気温寒冷がある。これは電動アシスト付き自転車不利用理由の酷暑と異なり、気温の低さがバイク利用に影響を及ぼすことが読み取れる。

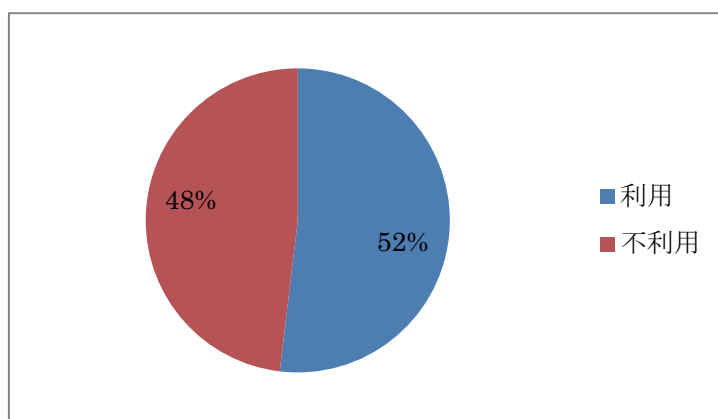


図 10-1-11 電動バイク自転車の利用実態

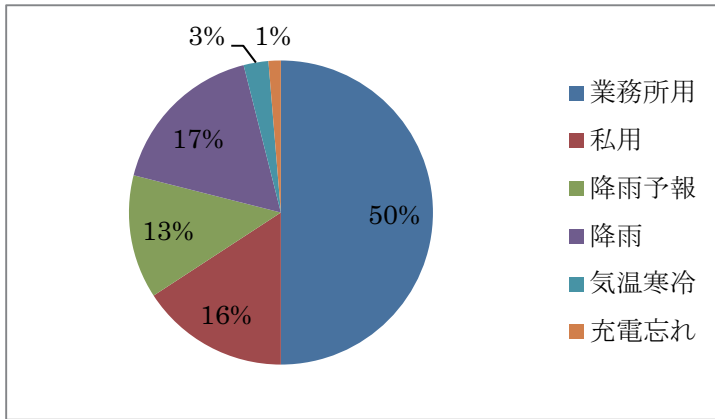


図 10-1-12 電動バイク不利用の理由

②天候別利用割合

次に天候別の利用割合を示す。図は晴天時における電動バイクの利用実態である。こちらも図と同様に、出勤日のうち電動バイクを通勤利用した日は約6割にとどまっている。次に、晴天時の不利用の理由の内訳を図に示す。最も多い不利用の理由は業務利用であった。次いで私用、雨予報であった。

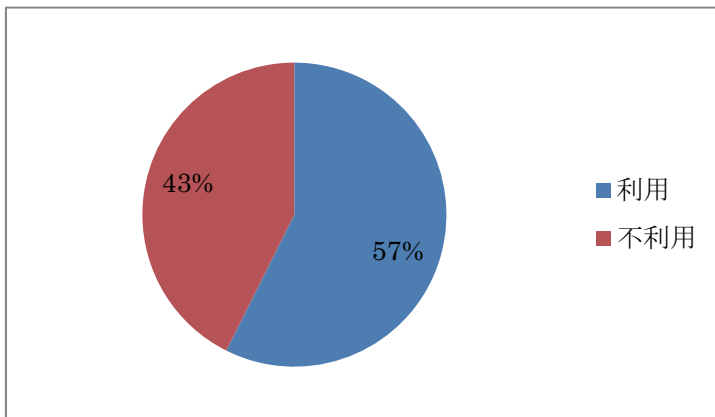


図 10-1-13 晴天時における電動バイク自転車の利用実態

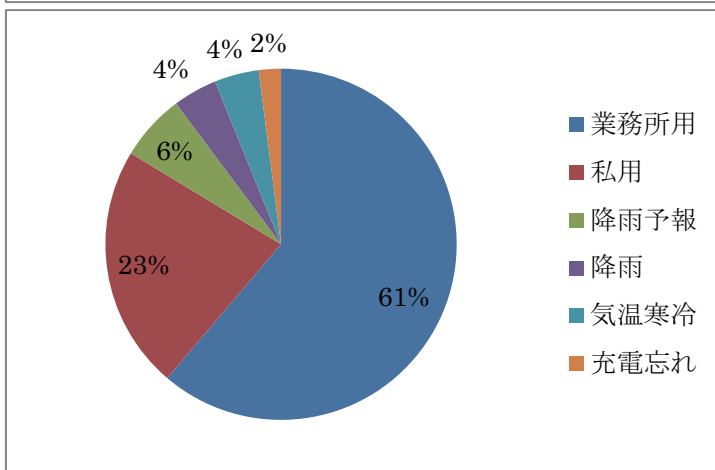


図 10-1-14 晴天時における電動バイク自転車の不利用の理由

図に曇天時における電動バイクの利用実態を示す。出勤日のうち電動バイクを通勤利用した日は約6割にとどまっている。次に、曇天時の不利用の理由の内訳を図に示す。最も多い不利用の理由は業務利用であった。次いで雨予報であった。

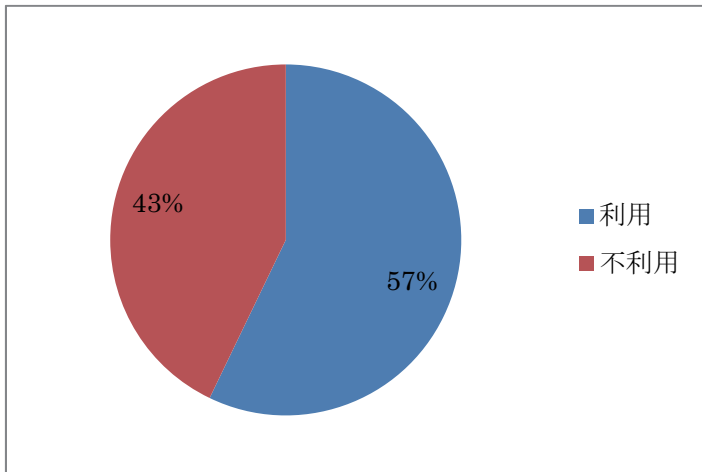


図 10-1-15 曇天時における電動バイクの利用実態

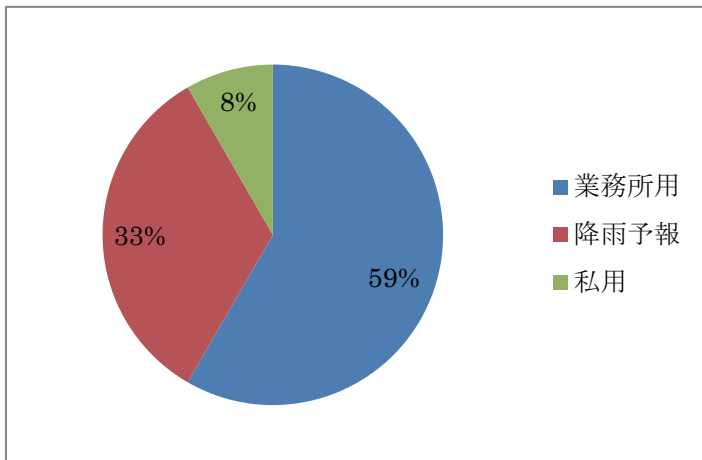


図 10-1-16 曇天時における電動バイク自転車の不利用の理由

③気温との関係

最高気温と電動バイクの不利用率の関係を示す。電動アシスト付き自転車と異なり 30-36℃では不利用率は上昇しなかった。しかしながら、0-4℃での不利用率が上昇している。前述したように、電動バイクの不利用理由に気温寒冷がある。これにより、寒冷な気温がバイク利用の身体快適性を著しく損なうことが示唆される。また、最低気温と電動バイクの不利用率の関係を示す。こちらは最低気温によっては不利用率に変化がなかった。最低気温は出勤時の体感に近いことから、通勤にバイクを利用するかしないかの判断材料の一つは最低気温と考えられる。これは体感以外にも天気予報などを見ての判断ではないかと考えられる。

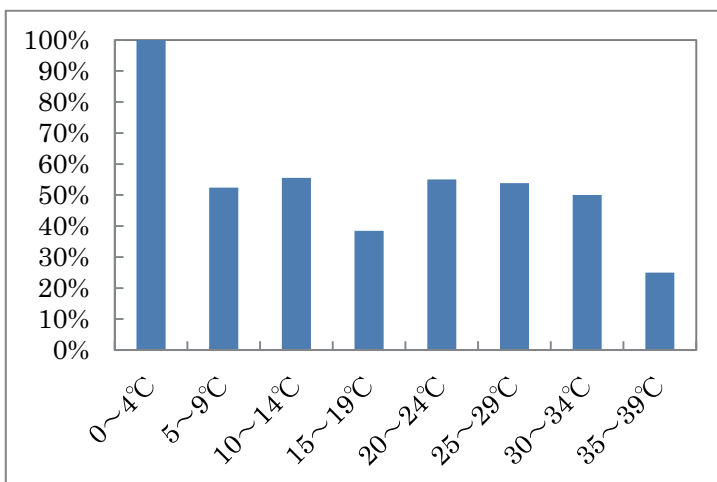


図 10-1-17 最高気温と電動アシスト付き自転車の不利用率の関係

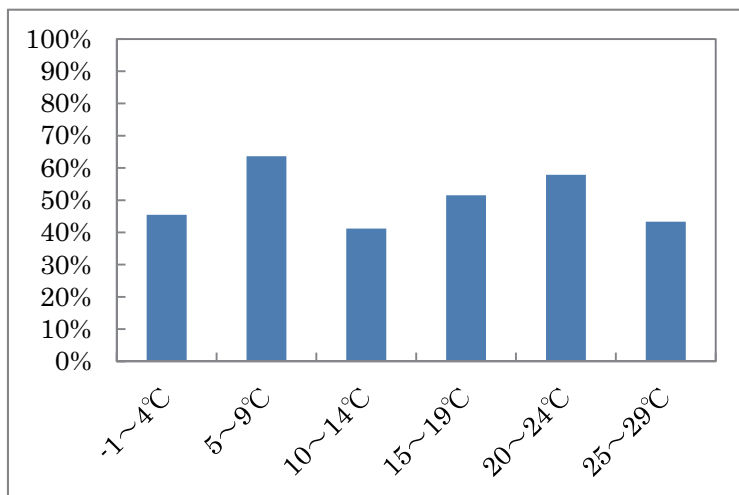


図 10-1-18 最低気温と電動アシスト付き自転車の不利用率の関係

④まとめ

電動バイクの通勤利用についての実態を調査した。それまでに通勤で自家用車を使っていた人が電動バイクを通勤利用した場合、その利用頻度は全通勤日の約 60%であることがわかった。電動アシスト付き自転車に比べて不利用率が低い理由は、電動バイクは電動アシスト付き自転車に比べて身体への快適性を著しく損なわないためと思われる。また、電動バイクを使用しなかった理由で最も多かったのが「業務利用がある」とのことから、バイクの特性に起因する理由（雨天、身体的疲労など）ではなく、ワークスタイルに起因する理由からバイクを利用しないことがわかる。一方、気温との関係から、低温でのバイク利用率も下がることがわかった。

（４）電動バイクの短期利用実態調査結果

豊橋市役所での公用車としての電動バイクの利用に関して、不利用の理由を図に示す。最も多い理由は複数人での移動であった。ついで荷物が多い、車の運転に慣れていると続く。これにより、電動バイクの利用は業務の特性によるものと考えられる。

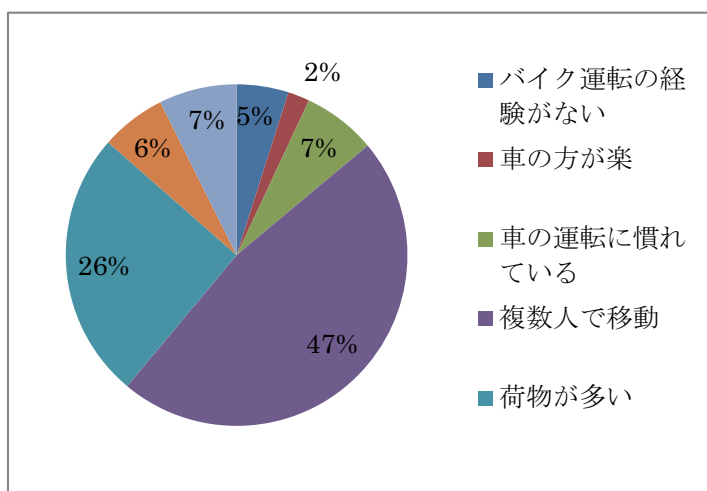


図 10-1-19 電動バイクを公用車として利用しなかった理由

(5) 考察

二輪 EV の通勤利用は、炭酸ガス排出量軽減に大いに貢献するが、実際には利用率は 50-60% に留まる。利用率を下げる要因としてライフスタイル、ワークスタイル、気温が挙げられることが分かったが、特にライフスタイル、ワークスタイルが影響を及ぼす。家庭と職場との単純な往復には二輪 EV が利用されるが、それ以外の場合は二輪 EV は選択されない。家庭—職場間の単純往復を増やすためには、職住の接近が有効であろう。住→職→他所→住の 3 角移動を避けるためには、住→職→住→他所→住の住を中心とした移動が実現する環境が必要となろう。

一方、短期調査でもわかるように二輪 EV は移動手段としては乗用車ほど認知はされていない。乗用車の特性である複数人が同時移動可、荷物を多く運べるに関しては二輪 EV は超えることができない。しかしながら、二輪を運転したことがない、もしくは慣れていないと回答も見られた。よって、二輪 EV をまずは体験することが利用者を増やすことにつながるのではないかと思われる。

10-2 二輪 EV 利用による炭酸ガス排出削減量の推計

昨年度二輪 EV 利用による炭酸ガス排出削減量を推計したが、本年度は二輪 EV 利用実態調査の結果を踏まえた推計を報告する。

(1) 我が国の温室効果ガス排出状況

我が国の 2011 年度の運輸部門からの炭酸ガス排出量は 2 億 3,000 万トンであり、これは全体の排出量の 18.5% に相当する。基準年(1990)と比べると 5.8% (1,260 万 t-CO₂) 増加した。これは、貨物輸送需要の自家用トラックから営業用トラックへの転換に伴う輸送効率の改善等により貨物からの排出量が減少 (基準年比 17.4% 減) した一方で、自家用乗用車の交通需要が拡大したこと等により、旅客からの排出量が増加 (基準年比 27.7% 増) したことによる。

また、前年度と比べると 0.8% (200 万 t-CO₂) 減少した。1990 年度から 2001 年度までは増加傾向にあったが、その後は減少傾向が続いている。これは、自家用乗用車からの排出量が前年度比 1.3% (150 万 t-CO₂) 及び貨物自動車・トラックからの排出量が同比 1.2% (100 万 t-CO₂) 減少したこと等による。(以上、環境省資料より)

(2) 自家用乗用車通勤利用による炭酸ガス排出量推計

運輸部門のうち自家用乗用車による炭酸ガス排出量は 11,680 万 t-CO₂ であり、運輸部門全体の 50.8% を占める。

(http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html)。

他の部門が前年比で減少している中、自家用乗用車の炭酸ガス排出量のみ増加している。しかしながら、マイカーによる炭酸ガス排出量はレジャー利用も含むため、通勤・通学用を抽出する必要がある。通勤・通学用の乗用車利用による炭酸ガス排出量推計方法を以下に示す。

国勢調査より通勤・通学をする人数は 57,797,000 人であり、同じく国勢調査よりそのうち 46.6%

が自家用車だけの利用者である。

表 10-2-1 通勤手段統計（全国） 国税調査（%）

徒歩だけ	電車だけ	バスだけ	自家用車だけ	オートバイ, 自転車だけ	複数
7.4	14.0	2.8	46.6	15.6	12.8

よって、通勤通学で乗用車を利用する人数は

$$57,797,000 \text{ 人} \times 46.6\% \approx 26,900,00 \text{ 人}$$

となる。乗用車の炭酸ガス排出原単位は以下のように表す。

$$2.32\text{kg-CO}_2/\text{L} \div 13\text{km/L} = 0.178\text{kg-CO}_2/\text{km} \quad *2.32\text{kg-CO}_2/\text{L} \text{ はガソリン車の CO}_2 \text{ 排出係数}$$

上式では燃費を 13km/L としているが、国土交通省資料によると車体重量等によって燃費は大きく異なるので、乗用車の炭酸ガス排出原単位としては 0.1～0.4kg-CO₂/km まで大きな開きがある。

通勤距離が 25km 通勤日数を 240 日とすると、

$$26,933,40 \text{ 人} \times 0.178\text{kg-CO}_2/\text{km} \times 25\text{km} \times 2 \times 240 \text{ 日} = 5,700 \text{ 万 t-CO}_2$$

になり、マイカーからの CO₂ 排出量の約 81% を占める。

計算に用いたデータを以下の表に示す。

表 10-2-2 通勤用自動車から排出される炭酸ガス推計に用いたデータ

通勤・通学 人	自動車通勤割合 %	人数 人	通勤距離 km	通勤日数 日
57,797,000	46.6	26,900,000	25	240

通勤距離は国土交通省資料より 通勤日数は年間の休日日数を 125 日として計算

（3）電動バイク、電動アシスト付き自転車の炭酸ガス排出量

電動バイクの炭酸ガス排出量は、家庭用電源 100V、5A で 4 時間充電することによって 30km 走行可能とする。

炭酸ガス排出原単位は以下のようになる。

$$100 \times 5 / 1000 \times 4 \times 0.294 / 30 = 0.020\text{kg-CO}_2/\text{km} \quad *0.294 \text{ は kWh 当たりの炭酸ガス排出量}$$

電動バイク、電動アシスト自転車、乗用車の炭酸ガス排出原単位を以下に示す。電動アシスト自転車は 100km/kWh を想定している（草津市資料より）。

表 10-2-3 電動バイク、電動アシスト自転車、乗用車の炭酸ガス排出原単位 kg-CO₂/km

電動バイク	電動アシスト自転車	乗用車
0.02	0.003	0.178

よって、乗用車から電動バイクに交通手段を変えるだけで年間一人当たり

$$(0.178-0.02) \times 25\text{km} \times 2 \times 120 \text{日} = 950\text{kg-CO}_2$$

よって、乗用車から電動アシスト自転車に交通手段を変えるだけで年間一人当たり

$$(0.178-0.003) \times 25\text{km} \times 2 \times 120 \text{日} = 1050\text{kg-CO}_2$$

の炭酸ガスを削減することができる。(前述の利用実態調査より、通勤日数の半数の120日程度の利用が見込まれるため)

(4) 電動バイク、電動アシスト自転車の導入ポテンシャル

現状では通勤・通学者の利用交通手段は以下のとおりである。

表 10-2-4 全国、愛知県、豊橋市における通勤・通学者の利用交通手段の割合

	徒歩だけ	電車だけ	バスだけ	自家用車 だけ	オートバイ、 自転車だけ	複数
全国	7.4	14.0	2.8	44.3	15.6	12.8
愛知	6.7	10.2	1.7	51.3	15.1	12.3

全国・愛知は国勢調査より

全国の通勤・通学者の割合をベースに乗用車から電動バイクへ交通手段を変更した場合を考える。以下に、乗用車と電動バイクの割合の変動による炭酸ガス排出量を図 10-2-1 に示す。図 10-2-1 によると現在乗用車を通勤・通学に使っている人がすべて電動バイクに切り替えた時は、CO₂ 排出量を 1/10 にすることができる。

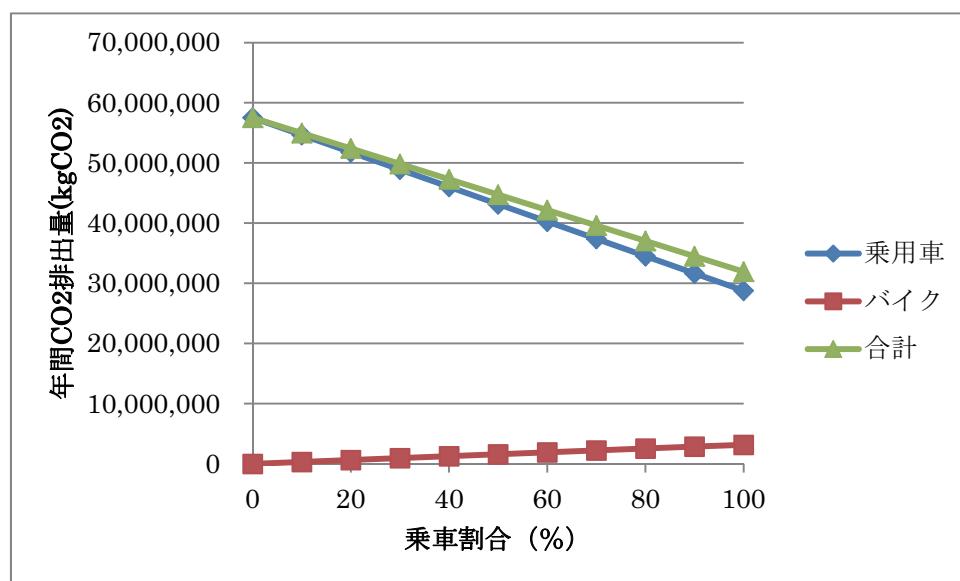


図 10-2-1 乗用車と電動バイクの割合の変動による炭酸ガス排出量

しかしながら、電動アシストバイクは1回の充電での走行距離が限られている。上記電動バイクの場合は30kmである。よって、片道で15kmの通勤利用が限界であると考えられる。通勤距離

が 15km 以下の人数を推計する必要があるが、通勤距離の分布は不明である。しかしながら、国勢調査により通勤時間の分布はわかる。

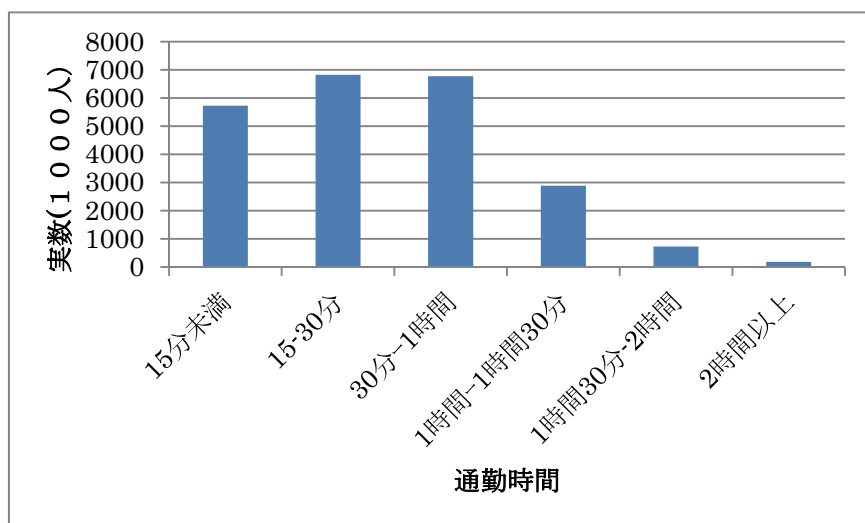


図 10-2-2 通勤時間の分布

図 10-2-2 の通勤時間の平均を計算すると 35 分になることから、平均の通勤距離 25km と平均の通勤時間 35 分が同じであると仮定する。これによって、通勤距離の分布図を得ることができる。

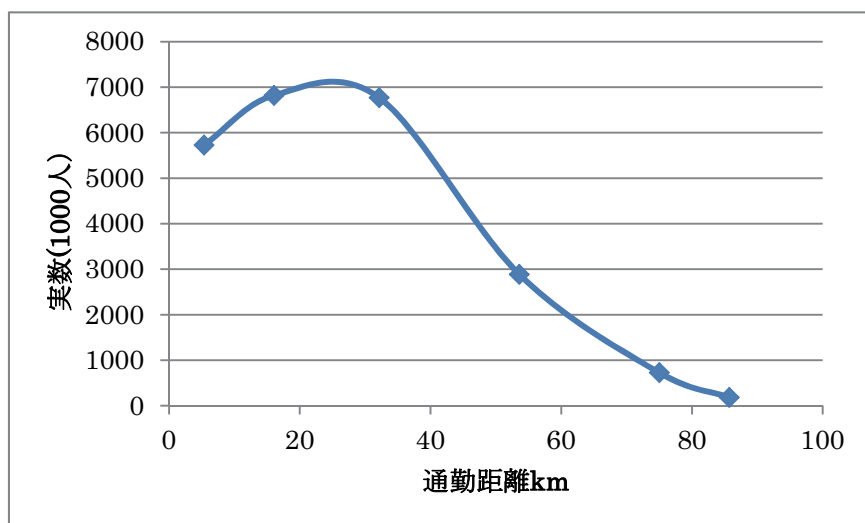


図 10-2-3 通勤距離の分布

10-2-3 図によると、通勤距離が 15km 以下は通勤時間が約 20 分以下に相当し、人数は全体の約 35%を占める。つまり、自動車利用の 35%が電動バイクへの以降の可能性はある。

よって、電動バイクの利用による通勤時の炭酸ガス削減の最大値は 900 万 t-CO₂ と推測することができる。これは現状の乗用車の通勤利用(25km 圏内)による炭酸ガス排出量の約 15%に相当する。

一方、乗用車利用から電動アシスト付き自転車への利用変更も考えられるが、電動アシスト自転車は電動バイクに比べて通勤可能距離が短くなると考えられる。本調査では 5km を電動アシスト付き自転車による通勤可能距離と仮定すると、通勤時間は 7 分に相当し、人数は全体の約 12%

を占める。よって、電動アシスト付き自転車の利用による通勤時の炭酸ガス削減の最大値は 170 万 t-CO₂ と推測することができる。これは現状の乗用車の通勤利用（5km 圏内）による炭酸ガス排出量の約 14%に相当する。

10-3 結論

実態調査より二輪 EV の利用は 50-60%の利用しかないことがわかった。その理由として、仕事や生活のスタイルや気温が関係している。

全国における二輪 EV の利用による炭酸ガス排出量低減は電動バイクの通勤利用によって最大値は 900 万 t-CO₂（現状の通勤 25km 圏内の約 15%に相当）、電動アシスト付き自転車の通勤利用によって最大値は 170 万 t-CO₂（現状の通勤 5km 圏内の約 14%に相当）になることがわかった。