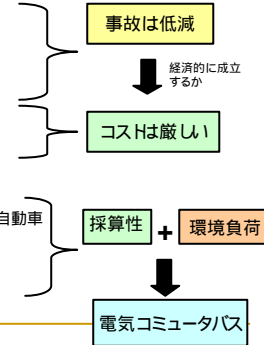


持続可能な社会のための電気 コミュータバスの検討

環境海洋工学専攻
修士 2年 佐藤慶子

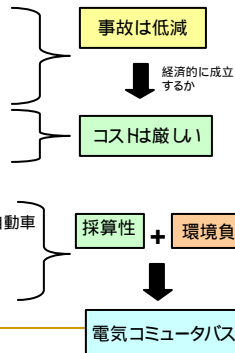
発表の構成

- 背景 高齢社会, 脱石油
- 目的 持続可能性, 持続可能なモビリティ
- コミュータバス(既存)による
高齢社会問題の解決
・高齢社会での事故件数のシミュレーション
・コミュニティバスによる事故の低減効果
- 経済的成立性
- EVによる環境負荷の低減 *EV 電気自動車
- 太陽光 夜間電力の利用
- 結論

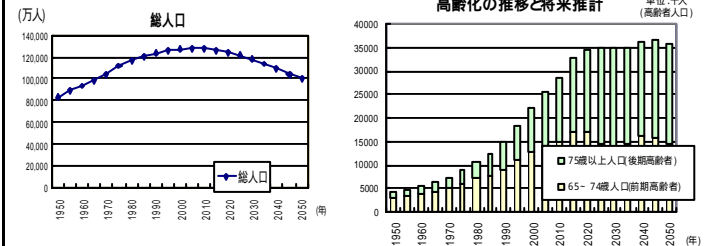


発表の構成

- 目的 持続可能性, 持続可能なモビリティ
- コミュータバス(既存)による
高齢社会問題の解決
・高齢社会での事故件数のシミュレーション
・コミュニティバスによる事故の低減効果
- 経済的成立性
- EVによる環境負荷の低減 *EV 電気自動車
- 太陽光 夜間電力の利用
- 結論



高齢社会の進展

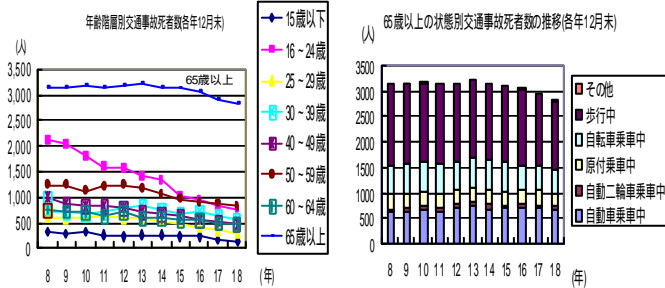


総人口は減少するが、高齢者は増加する。
今後、わが国は高齢化が進展する。

* 高齢化率(65歳以上の高齢者人口)が7%を超えた社会を「高齢化社会」、14%を超えた社会を「高齢社会」
* 我が国の65歳以上の高齢者人口は、昭和25(1950)年には総人口の5%に満たなかったが、45(1970)年に7%を超え
さらに、平成6(1994)年には14%を超えており(いわゆる「高齢社会」)、高齢化が急速に進展している。

高齢者の交通事故死者数

背景



昨年の交通事故死者数のうち、65歳以上の高齢者が占める割合は、47.5%。
高齢死者のほぼ半数が歩行中、ついで自動車運転中に事故に遭っている。

データ:警察庁、交通事故統計

発表の構成

■ 背景 高齢社会、脱石油

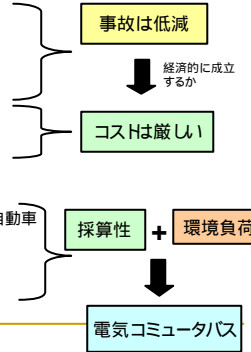
■ コミュータバス(既存)による
高齢社会問題の解決
高齢社会での事故件数のシミュレーション
・コミュニティバスによる事故の低減効果

■ 経済的成立性

■ EVによる環境負荷の低減 *EV 電気自動車

■ 太陽光 夜間電力の利用

■ 結論



持続可能性とは ~ 定着過程 ~

目的

ローマクラブ 「成長の限界」を提示

持続可能性という言葉は、1972年のローマクラブのレポートで初めて使われた。

ブルントラント委員会

持続可能性という言葉が、重要な概念として広く使われるようになったのは、国連の環境と開発に関する世界委員会いわゆる「ブルントラント委員会」が1987年に出した報告書『われら共通の未来』

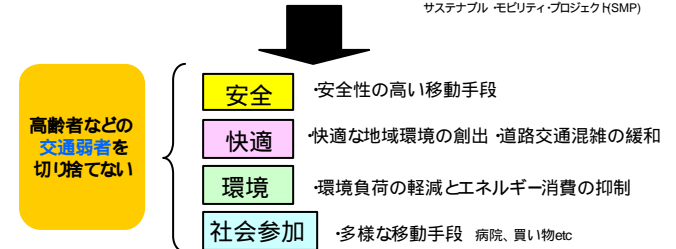
持続可能な開発とは、未来の世代がその必要に応じて用いる可能性を損なうことなく今日の必要に用いる開発のことである」と定義

持続可能な交通とは

目的

■ 現在や将来における他の人間や生態系の基本的価値を犠牲にすることなく自由に移動し、目的地へ到達し、連絡を取り、交易をし、関係を樹立するための社会の必要性を満たす能力」と定義

WBCSD (World Business Council for sustainable Development)による
サステナブル・モビリティ・プロジェクト(SMP)



目的 :モビリティと安全を確保しつつ環境負荷を低減するための一つのソリューションとして電気コミュニティバスの導入について検討する。

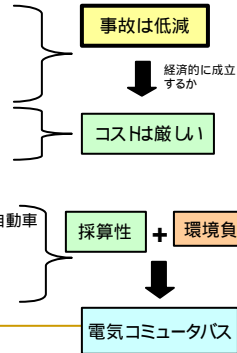
発表の構成

- 背景 高齢社会, 脱石油
- 目的 持続可能性, 持続可能なモビリティ



- 経済的成立性

- EVによる環境負荷の低減 *EV 電気自動車
- 太陽光・夜間電力の利用
- 結論



本研究の流れ

免許保有人口・交通事故件数を推計

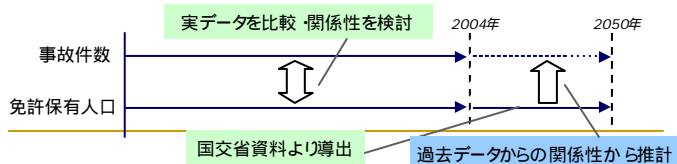


高齢社会での事故件数のシミュレーション

既存のバスによる高齢者の事故の低減効果を検証.

推計手法

- 高齢者ドライバーの増加 高齢者による交通事故件数の増加、という論理なので、「年齢層別免許保有人口」と第1当事者の年齢層別交通事故件数」の時系列データを比較し、相関性を見る
- 「年齢層別免許保有人口」の2050年までの推移は国交省が発表した推計手法を用いる
- 時系列データの比較から得られた関係性を用いて、2050年までの事故件数を推計する



推計の流れ

性別・年齢階層別
免許保有率推計

×

性別・年齢階層別
人口推計

国交省の作成した2050年までの
免許保有率見直しから抜粋

人口問題研究所の発表データを使用



男女・年齢階層の一部を統合

2050年までの年齢階層別免許保有人口を推計



過去の時系列データから「事故率」
を算出し傾向を読み取る

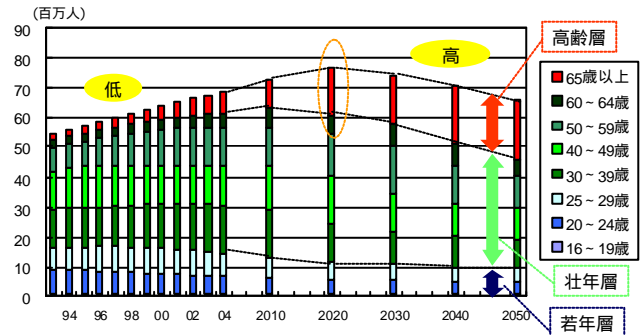
2050年までの年齢階層別交通事故件数を推計

推計結果 2050年までの免許保有率推移

| | 男性 | | | | | 女性 | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2010年 | 2020年 | 2030年 | 2040年 | 2050年 | 2010年 | 2020年 | 2030年 | 2040年 | 2050年 |
| 16-19 | 20.7 | 20.7 | 20.7 | 20.7 | 20.7 | 16.0 | 16.0 | 16.0 | 16.0 | 16.0 |
| 20-24 | 82.3 | 82.3 | 82.3 | 82.3 | 82.3 | 75.8 | 75.9 | 75.9 | 75.9 | 75.9 |
| 25-29 | 88.3 | 88.3 | 88.3 | 88.3 | 88.3 | 87.7 | 87.8 | 87.8 | 87.8 | 87.8 |
| 30-34 | 88.3 | 88.3 | 88.3 | 88.3 | 88.3 | 87.5 | 87.8 | 87.8 | 87.8 | 87.8 |
| 35-39 | 88.7 | 88.3 | 88.3 | 88.3 | 88.3 | 86.4 | 87.7 | 87.8 | 87.8 | 87.8 |
| 40-44 | 86.6 | 88.3 | 88.3 | 88.3 | 88.3 | 87.9 | 87.5 | 87.8 | 87.8 | 87.8 |
| 45-49 | 84.7 | 88.7 | 88.3 | 88.3 | 88.3 | 86.6 | 86.4 | 87.7 | 87.8 | 87.8 |
| 50-54 | 81.1 | 88.6 | 88.3 | 88.3 | 88.3 | 81.2 | 87.9 | 87.5 | 87.8 | 87.8 |
| 55-59 | 76.6 | 84.7 | 88.7 | 88.3 | 88.3 | 71.5 | 86.6 | 86.4 | 87.7 | 87.8 |
| 60-64 | 74.1 | 81.1 | 86.6 | 88.3 | 88.3 | 62.9 | 81.2 | 87.9 | 87.5 | 87.8 |
| 65-69 | 66.6 | 76.6 | 84.7 | 88.7 | 88.3 | 44.2 | 71.5 | 86.6 | 86.4 | 87.7 |
| 70- | 62.0 | 74.1 | 81.1 | 86.6 | 88.3 | 28.5 | 62.9 | 81.2 | 87.9 | 87.5 |
| 計 | 73.1 | 75.3 | 75.9 | 76.9 | 76.4 | 61.4 | 68.3 | 69.9 | 70.0 | 69.2 |

国交省の作成した2050年までの免許保有率見通しから抜粋

推計結果 2050年までの免許保有人口推移



技術：導入時期、2020年ごろを目標 既存のバスの利用。
全免許保有人口：2050年には約30%が65歳以上の高齢者になる見通し

時系列データ比較

- 「年齢層別免許保有人口」・・・(a)と「第1当事者の年齢層別交通事故件数」・・・(b)の時系列データを比較

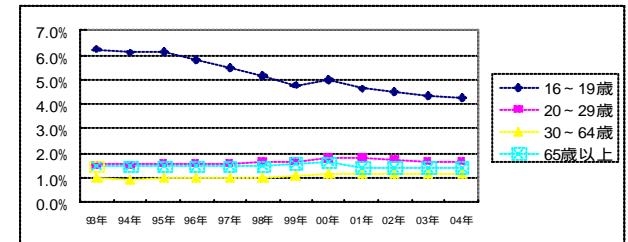
第1当事者・・・交通事故の当事者のうち、過失が最も重い者又は過失が同程度の場合は被害が最も軽い者。

- (b)/(a)を事故率と定義し、時系列における変化を見る
- 2050年までの事故率の変化を予測すれば、免許保有人口推計から、2050年までの第1当事者の交通事故件数の推移を推定できる

事故率推移

(事故率 = 第1当事者の事故件数 / 免許保有人口)

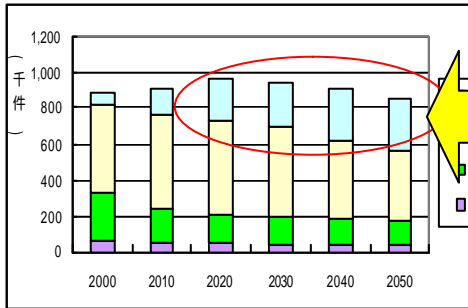
第1当事者・・・交通事故の当事者のうち、過失が最も重い者
又は過失が同程度の場合は被害が最も軽い者。



16～19歳以外の事故率は
時系列を通してほぼ一定

2050年まで一定として推計
(16～19歳は4%まで下がるが
その後は一定とする)

推計結果 2050年までの交通事故件数



ここを減らしたい
65歳以上を対象としたこれまでの事故対策とは別の効果的方法があるのではないか
65歳以上の移動のニーズを考えると通勤バスが、65歳以下よりもスムーズに適用できるのではないか

2050年には全交通事故の33.8%が65歳以上の高齢者によって引き起こされるものと予測される
高齢者による交通事故は、2040～2050年には2000年比で4倍近く増加することが見込まれる。

本研究の流れ

免許保有人口 交通事故件数を推計



既存のバスによる高齢者の事故の低減効果を検証.

通勤バス(既存)による事故の低減

- 高齢者の事故の減少に通勤バスを適用.



車20台



乗用車と比べて事故率低い

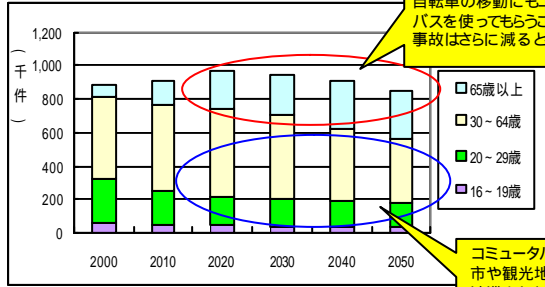
平均乗車人数 1～1.5人/1台
年間走行距離 10000km
= 1.5万人・km/台



乗車定員 20人/1台
乗車率50% = 10人
年間走行距離 30000km
= 30万人・km/台

* 平均的なモデルを仮定

推計結果 2050年までの交通事故



この推計は高齢者の運転による事故件数なので徒歩や自転車の移動にも通勤バスを使ってもらうことで事故はさらに減ると考えられる

通勤バスは都市や観光地などの渋滞をおさえるなどにも応用可能

通勤バス導入により高齢者の乗用車運転機会を減らし、利便性を損なわずに事故大幅に削減すると期待できる。

本研究の流れ

免許保有人口 交通事故件数を推計



既存のバスによる高齢者の事故の低減効果を検証.



事故は減るがバスが増えることで環境負荷は事故ほど減らない。

EVの環境負荷低減効果を検証.

通勤バスによる環境負荷低減



平均乗車人数
1~1.5人/1台
年間走行距離
10000km
= 1.5万人・km/台

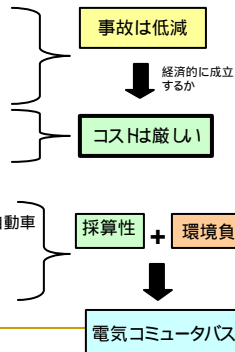
乗車定員 20人/1台
乗車率50% = 10人
年間走行距離
30000km
= 30万人・km/台

具体的には・・・

車(1000L・20台) = 20000Lのガソリン削減するが
バス = 10000L使用してしまう(年間)
より燃費の良いバスを考える。

発表の構成

- 背景 高齢社会, 脱石油
- 目的 持続可能性, 持続可能なモビリティ
- コミュータバス(既存)による
高齢社会問題の解決
・高齢社会での事故件数のシミュレーション
・通勤バスによる事故の低減効果



- EVによる環境負荷の低減 *EV 電気自動車
- 太陽光・夜間電力の利用
- 結論

都市部・周辺部・農村部に分けた 通勤バスの経済的成立性

採算性

通勤バスの役割の考え方

| 地域 | | 各地域における通勤バスの役割 |
|------|--------|---|
| 大都市 | 都市部 | 公共交通機関ではカバーできない地域のモビリティ確保 公共交通のネットワークを強化 |
| | 郊外部 | 公共交通機関では移動できない地域での移動手段確保 商業施設や公共施設へのアクセス |
| 地方都市 | 都市部 | 交通不便地域の解消 モビリティの向上や回遊性の向上 |
| | その他地方部 | 在来のバスが撤退した地域(住宅地)から施設へのアクセス性の確保 |

経済性評価の前提条件

採算性

武蔵野市の「ムーバス」、富山県高岡市の実績を参考

1日10時間の営業で走行距離150km(1台)

| | | | |
|----------|------------|----------|---|
| 初期投資 | バス車両購入費 | 150万円 | 1500万円ものを10年使用「日野ポンチョ」 |
| | バス停など施設整備費 | 40万円 | バス停のポール1基 133000円×30基=399万円(10年で更新) |
| ランニングコスト | 運転者人件費 | 600万円 | (cf. 全国全産業男子, 平均年収543万円) |
| | 車両維持修繕費 | 100万円 | |
| | 燃料費 | 114万円 | 1日150km 年間55000km 年間8600L(燃費:6.4km/L 「日野ポンチョ」 軽油:132円/Lと仮定) |
| | その他の経費 | 10万円 | |
| | 管理費 | 100万円 | |
| 合計 | | 年間1114万円 | 1日3万円の売り上げが必要 - 運賃が200円なら5人 - 運賃が100円なら510人 |

実現可能性として、都市部では可能だが、過疎地域では困難と思われる。

経済性評価の前提条件

採算性

武蔵野市の「ムーバス」、富山県高岡市の実績を参考

1日10時間の営業で走行距離150km(1台)

| | | | |
|----------|------------|----------|---|
| 初期投資 | バス車両購入費 | 150万円 | 1500万円ものを10年使用「日野ポンチョ」 |
| | バス停など施設整備費 | 40万円 | バス停のポール1基 133000円×30基=399万円(10年で更新) |
| ランニングコスト | 運転者人件費 | 600万円 | (cf. 全国全産業男子, 平均年収543万円) |
| | 車両維持修繕費 | 100万円 | |
| | 燃料費 | 114万円 | 1日150km 年間55000km 年間8600L(燃費:6.4km/L 「日野ポンチョ」 軽油:132円/Lと仮定) |
| | その他の経費 | 10万円 | |
| | 管理費 | 100万円 | |
| 合計 | | 年間1114万円 | 1日3万円の売り上げが必要 - 運賃が200円なら5人 - 運賃が100円なら510人 |

実現可能性として、都市部では可能だが、過疎地域では困難と思われる。

解決策1 人件費の削減

採算性

タクシーをコミュニティバスに

人件費と乗車人数

| 人件費 | 運賃 100円 | 運賃 200円 |
|-------|---------|---------|
| 600万円 | 10人 | 5人 |
| 550万円 | 9.9人 | 4.9人 |
| 500万円 | 9.4人 | 4.7人 |
| 450万円 | 9.0人 | 4.5人 |
| 400万円 | 8.5人 | 4.3人 |
| 350万円 | 8人 | 4人 |
| 300万円 | 7.3人 | 3.7人 |
| 0円 | 4.9人 | 2.4人 |

タクシー: 273740台

バス: 225000台

(全国)

Cf. タクシー運転者(男)の平均年収は308万円

自動運転システムの導入により無人で運転できるようになれば事故や渋滞を防ぐのに加え人件費が削減できる。

cf. 初期投資 車両費150万円/年間

解決策2 燃料費の削減

採算性

軽油 電気 **1/18の削減**

電気の場合の燃料費と人件費の組み合わせによる乗車人数(車両費そのまま)

| 人件費 | 運賃 100円 | 運賃 200円 |
|-------|---------|---------|
| 600万円 | 9.3人 | 4.7人 |
| 550万円 | 8.8人 | 4.4人 |
| 500万円 | 8.3人 | 4.2人 |
| 450万円 | 7.9人 | 3.9人 |
| 400万円 | 7.4人 | 3.7人 |
| 350万円 | 7.0人 | 3.5人 |
| 300万円 | 6.5人 | 3.3人 |
| 0円 | 3.7人 | 1.9人 |

* 1日150km走行時、軽油は23.5L、3104.4円。

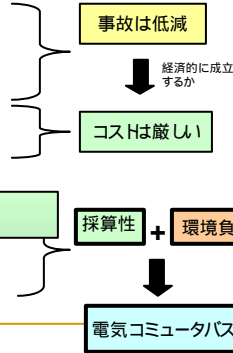
* 電気コミュニティバス: 燃費5km/kWh(現状)、電力量料金(夜間、事業所)5.75円/kWhとすると、1日150km走行時、172.5円となる。1/18のコスト削減。

* 年間: 114万円(軽油) 6.3万円(電気)
* 車両費そのまま電気の場合、合計1006万円。

* 1日2.8万円の売り上げが必要
運賃が200円なら4.7人
運賃が100円なら5.9人

発表の構成

- 背景 高齢社会, 脱石油
- 目的 持続可能性, 持続可能なモビリティ
- コミュータバス(既存)による
高齢社会問題の解決
・高齢社会での事故件数のシミュレーション
・コミュニティバスによる事故の低減効果



経済的成立性

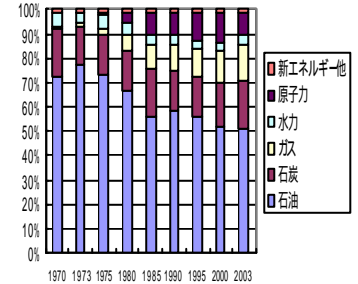
- 太陽光・夜間電力の利用
- 結論

日本のエネルギー源の変遷

背景

- エネルギーを安い石油に頼りすぎていた。
- 1973年/1979年 オイルショック
- 石油の中東依存率を下げてきた。
- エネルギーの中の石油率を下げてきた。

一次エネルギー供給



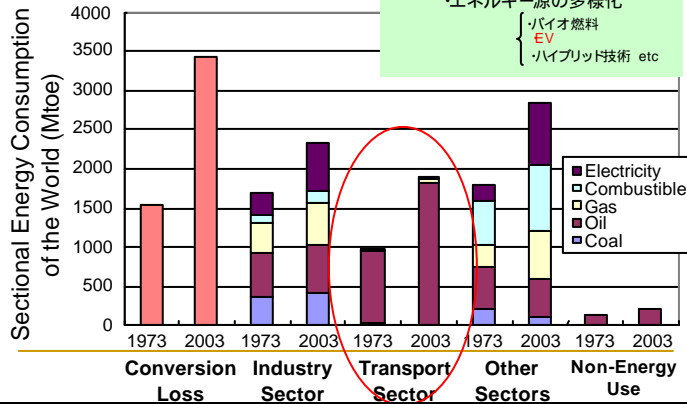
日本のエネルギー源
電源の多様化

21世紀になって・・・

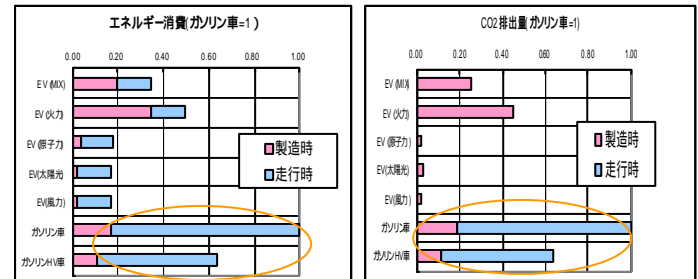
背景

- ・交通だけが石油依存型で残っている。
- ・交通の脱石油
- ・エネルギー源の多様化
 - ・バイオ燃料
 - EV
 - ・ハイブリッド技術 etc

世界の部門別最終エネルギー消費割合



運輸部門でのソリューションの1つとして EV(電気自動車)、EV - PV(太陽光発電利用のEV)



EVはガリソ車と比べて効率が良く、中でも太陽光の利用が効果的。現在の日本の電源構成でも燃費は3倍、太陽光利用ならば6倍の燃費。EVもEV - PVも初期コストが高が乗用車の適用のネックとなっているが年間走行距離の長いコミュニティバスでは比較的、導入しやすいと考えられる。

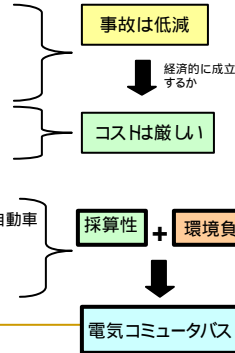
発表の構成

- 背景 高齢社会, 脱石油
- 目的 持続可能性, 持続可能なモビリティ
- コミュータバス(既存)による
高齢社会問題の解決
・高齢社会での事故件数のシミュレーション
・コミュニティバスによる事故の低減効果

- 経済的成立性

- EVによる環境負荷の低減 *EV 電気自動車

- 結論



太陽光の利用

- 太陽光発電はCO2排出削減の観点からは魅力的であるが、家庭で導入する場合はペイバックタイムの長さが問題となっている。

家庭に太陽光発電を導入する場合

- * 太陽電池の市場の一般的な値段は、周辺機器や工賃を含めて、1kW当たり約70万円
- * 平均的な夫婦子ども二人の家族構成では、電力使用量は年間4490kWh(10万円)とされている。
- * 一般家庭向けの太陽光発電の標準的な3kWのシステムでは、年間約3000kWhの電力を起こすことができるので、ほぼ70%を太陽光発電で発電できることになる。
- * すべてPVでまかなおうとすると、4.5kWのシステム(約315万円)が必要となり、ペイバックタイムは約30年となる。

電気バスに太陽光発電を導入する場合 ～ コミュータバスではどうであろうか ～

バス事業所で太陽光発電を行う場合

- 軽油で年間8600L(114万円)だったものが、
(5000km × 0.266kWh/km =)14630kWh
- PVなら約15kW 1千万円の初期投資となって、
軽油使用車と比べたペイバックタイムは約8年。



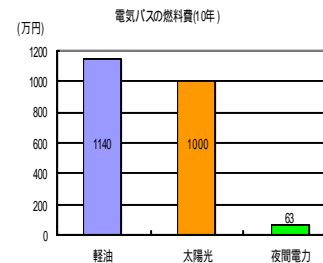
家庭用太陽光発電(ペイバックタイムは約30年)と比べると導入の実現可能性は高い

夜間電力の利用

コストの面では発電所からの夜間電力が有利であり、導入初期には現実的

電気バスの場合

- * 年間55000km走行するバスを軽油で動かすと8600L(114万円)
- * 電気だと約15000kWh(昼間21円/kwhで約30万円, 夜間の5.75円/kWhで約6.3万円)



・プラグインEVは有力な選択肢。
・夜間の電力を使用する場合は発電所の増設にはつながらない。



EV普及のネックとなっている電池技術の進展が期待される。

結論

事故

高齢者の免許保有率が増加すると、それに伴い事故件数も増加する。
採算性を考えないと既存のコミュニティバスの導入により
高齢者の運転機会を減らし、利便性を損なわずに事故を大幅に削減可能。

環境

脱石油化技術として、電気コミュニティバスが効果的、
ガソリン車と比べて効率良い。
電気バスに太陽光発電を導入する場合ペイバックタイムは約8年と
家庭用太陽光発電と比べると実現可能性は高い。

採算性

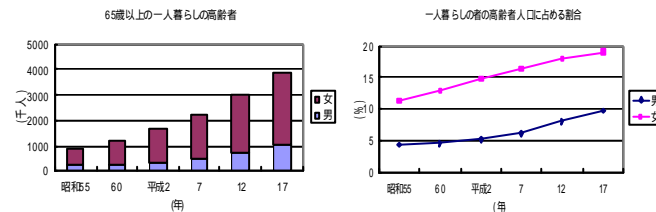
採算性を考えると、農村部は成立が困難。
燃料費は軽油から電気にすると経済的。
自動運転システムの導入で人件費が削減。

社会

電気コミュニティバスの導入は、高齢者が一人で家に引きこもることなく、
安心して積極的に社会参加できるようになるための解決策の一つ。

一人暮らしの高齢者の動向

目的



平成17(2005)年には男性約105万人、女性約281万人、
高齢者人口に占める割合は男性9.7%、女性19.0%。
男性で一人暮らし高齢者の割合が大きく伸びることが見込まれている

増加する高齢者の引きこもり

出典 総務省、国勢調査