

アジアのモータリゼーションと環境負荷

湊 清之
日本自動車研究所

1

● 背景

- ▶ アジアのモータリゼーションを分析する場合
 - ▶ 従来の乗用車保有予測は主にGDPと人口で論じられている.
 - ▶ 従来の研究では使用過程車の影響についての考察なし.

● 研究の必要性

- 所得分配を考慮した乗用車保有推計モデルが必要.
- 同モデルに車令別使用過程車の特性(品質劣化)を考慮し、自動車の環境負荷量を推計することが重要.
- 自動車環境負荷量低減に向けた政策導入効果の評価が必要

● 研究の骨格

- 乗用車購入最低所得を考慮した保有台数の推計
- アジアの車令分布作成
- 車令に応じた排出ガス性能劣化量を定式化
- 車検(車令も考慮)による排出ガス改善量を定式化
- 排出ガス規制の導入・時期の効果を定量的に評価

2

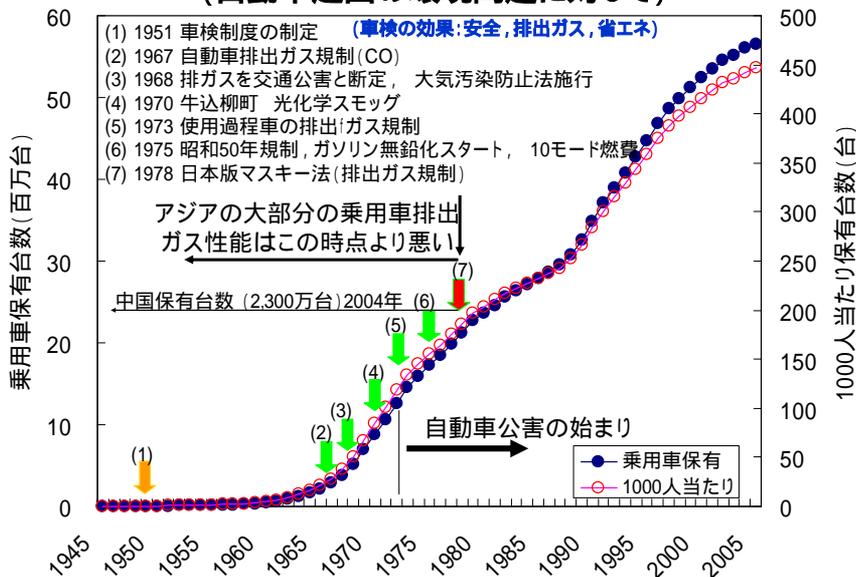
アジア都市の大気汚染の悪化要因

- 自動車利用の増大
- 未規制車・整備不良車
- 環境法規制の遅れ・不備
- 自動車統計データが貧弱
- 環境データの不足



有効な対策が取れず、
住民の健康影響が懸念される

わが国自動車公害と環境行政 (自動車起因の環境問題に対して)



アジアの排出ガス規制と燃料性状

(乗用車排出ガス規制)

Country		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
EU		Euro 1	Euro 3				Euro 4				Euro 5	
インドネシア						Euro 2						
マレーシア		Euro 2								Euro 4		
フィリピン					Euro 1		Euro 2			Euro 3		
中国	全国	Euro 1			Euro 2			Euro 3				
	北京等大都市	Euro 1		Euro 2		Euro 3		Euro 4				
タイ		Euro 2				Euro 3				Euro 4		

(燃料性状 (ガソリン中硫黄含有量))

Country	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
日本	100					50		10			
インドネシア	2000										
マレーシア	1000		500								
フィリピン	1000				500						
中国	800			500			350				
タイ	500				350						

排出ガスと燃料性状の関係

Euro 2 : < 500ppm

Euro 3 : < 150ppm

Euro 4 : < 50ppm が必要条件

出典：各国公表資料から著者作成

使用過程車 (10年以上) の利用度が高い



ジャカルタ

(使用過程車利用要因)

所得と新車価格に隔たり

部品が容易に入手可能

(各国は使用過程車の輸入禁止)

(自動車登録制度)

集中管理がなされていない

車令分布が把握できない

(車検制度)

乗用車車検制度が不備

使用過程車の排出ガス抑制が不問



ダッカ

アジアの現状(環境問題)

- 自動車利用に伴い, 環境問題の多発している
 - 都市部の大気汚染は深刻化しつつある(年間300万人が死亡:WHO発表)
 - 大気汚染による呼吸器系疾患の増加
 - 疫学的データの不足が現状の評価・政策実施を困難にしている.
 - 将来, PM₁₀ の低減が最大の課題となる

(アジア主要都市の大気汚染)

	PM	SO2	CO	NO2	O3	Pb
日本(東京)	B	A	A	B	B	A
中国(北京)	E	D	D	D	C	B
韓国(ソウル)	D	B	A	C	B	A
台湾(台北)	D	B	B	B	B	B
タイ(バンコク)	E	B	B	B	B	C
マレーシア(KL)	B	B	C	C	C	C
インドネシア(ジャカルタ)	E	C	C	B	C	D
フィリピン(マニラ)	E	B	C	D	D	C

各物質の大気中濃度がWHO基準に比べ

A: 基準の半分以下

B: 基準内

C: 基準の2倍以内

D: 基準の3倍以

E: 基準の3倍超

出典: WHO報告書を基に著者作成

9

アジアのモータリゼーション進展への課題

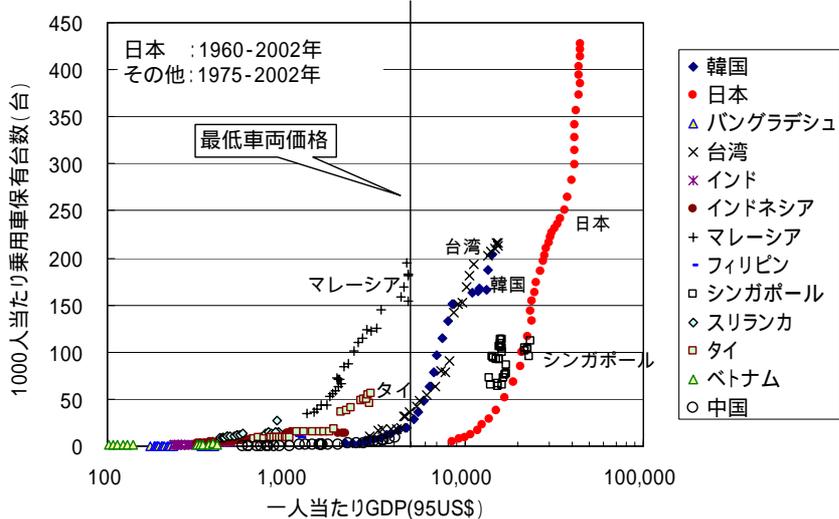
● 環境負荷を抑制すべき施策が遅れている

- 自動車登録制度
 - 自動車社会の基本台帳であるが, 不十分.
 - 基本は警察が掌握しており, 原則非公開.
- 車検・メンテナンス制度
 - 使用過程車が多いアジアでは効果的な制度.
 - 乗用車は対象外(商用車のみ車検を実施).
- 排出ガス規制
 - Euro4導入への基盤がない(精油所の改良が必要 = 費用負担).
 - 自動車技術は既に, Euro4への対応が可能.
- 燃料性状
 - 品質確保制度が緩く, 需要増大に伴う粗悪燃料の増加が懸念.
 - 排出ガス規制強化には硫黄含有量の低減が必要.
- 評価のための環境基礎データ
 - モニタリングステーションが少ない(大気観測データの欠如).
 - 疫学的データが不足し, 対応策がとれない.

10

乗用車需要とGDPとがリンクしているか

乗用車価格と一人当たりGDP間の格差が大きい
 所得格差が大きい場合、平均GDPでの将来需要予測が妥当か

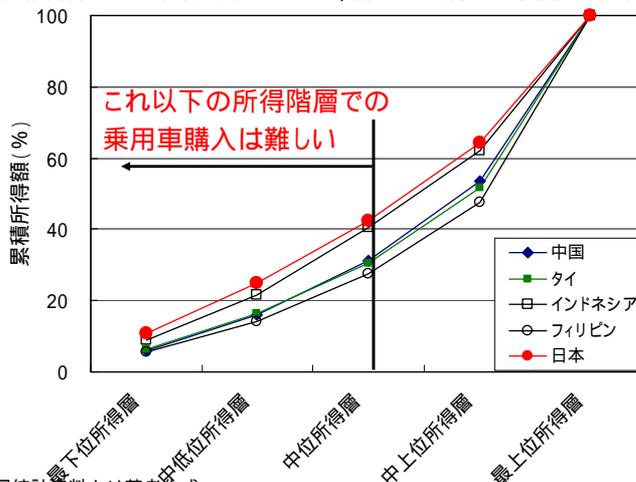


所得格差が大きい

アジアでは所得格差が拡大している(ジニ係数0.4~0.5)。

最上位所得層が富の50%近くを保有。

乗用車価格には下限界があり、誰しも購入可能とは言えない

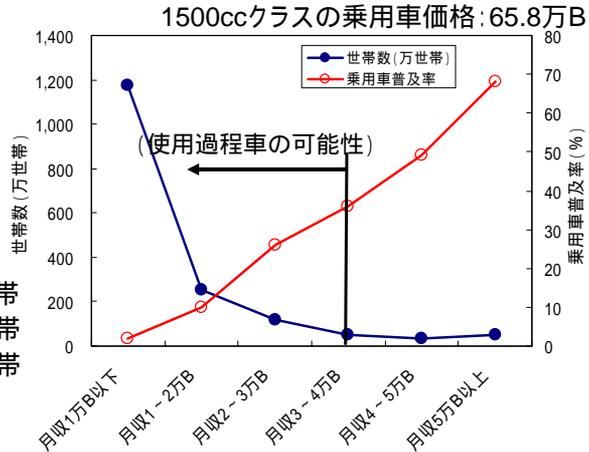


タイ所得階層別乗用車保有状況

- 月収1万B以下の貧層世帯数が全体の70%を占める。
- 月収5万B以上の高所得層世帯数は全体の3%に過ぎないが、70%の世帯が乗用車保有
 - タイ月平均世帯収入: 1.2万B

乗用車

- 2004年の販売台数: 21万台
- 2001年の保有台数: 259万台
- 全世帯数: 1,682万世帯
- 高所得世帯数: 50万世帯
- 購入可能世帯: 135万世帯



出典: The 2000 Population and Housing Census より作成

所得格差(2極化)を考慮したモデル

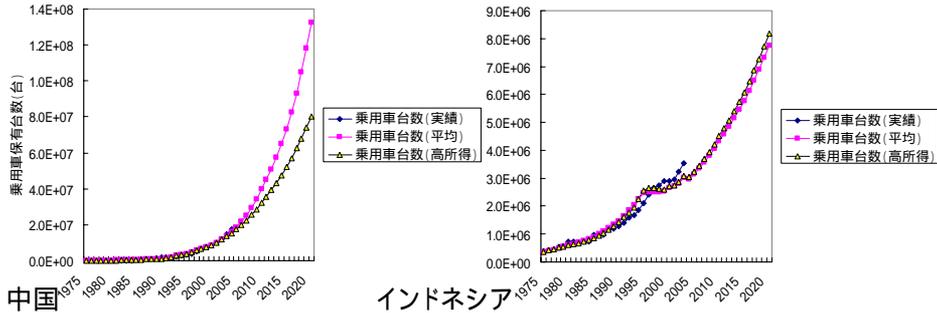
- 高所得層人口・GDP
 - 人口比: $R_h = 0.5 \times (1 - G)$ G: ジニ係数
 - GDP: $GDP_h = GDP \times (1/2 + G)$
- 乗用車保有台数を一人当たりGDPの関数として与える

$$Q = Pop_h \frac{\beta}{1 + \gamma \cdot (GDP_h / Pop_h)^\alpha}$$

- Pop_h は高所得層人口 ($Pop_h = R_h \times Pop$, Pop は全人口),
- β は自動車保有率の飽和水準(保有率の上限), γ はパラメータである.
- : 中国: 0.79, タイ: 0.79, インドネシア: 0.8
- フィリピンは線形モデルから推計

所得格差を考慮(2極化)

- (仮定) 所得を高・低所得層に二分し, 高所得層のみが乗用車を保有可能.
- (結果) GDP推計と所得格差推計とで,
 - ジニ係数が大きい場合: 推計値の差が顕著(中国, フィリピン: 係数0.47~0.5)
 - 所得格差を考慮しなければ, 保有台数を読み誤る可能性(中国, フィリピン)
 - ジニ係数が小さい場合: 差は小さい(タイ, インドネシア: 係数: 0.33~0.41)
 - ジニ係数が小さいため, モータリゼーションは全国的に進展する.
- ✓ 富の2極化では, 高所得層人口の拡大が望めず市場の限界.
- ✓ 将来予測は所得分布(格差)を考慮した保有台数の推計が必要.



所得格差を考慮した保有推計

- 乗用車保有台数予測モデル

$$Q = Pop \int_{I_L}^{\infty} f(x) dx$$

I_L : 乗用車保有の所得下限値

- 所得分布 ($f(x)$) を対数正規分布で近似

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma \cdot x} \exp\left(\frac{-(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

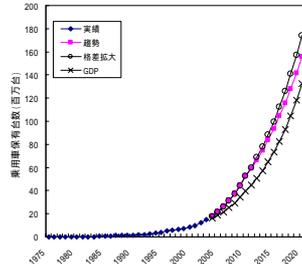
- 分散パラメーター

$$\sigma = \sqrt{2} \times N^{-1}\left(\frac{\gamma + 1}{2}\right) \quad : \text{ジニ係数}$$

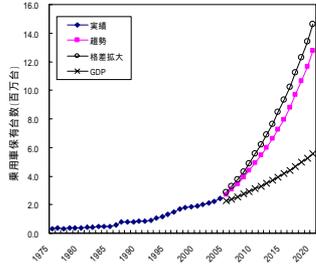
所得格差による保有台数推計

- 所得格差を考慮した場合、モータリゼーションが加速する。
- モータリゼーションの進展段階では、高所得層に依存する。

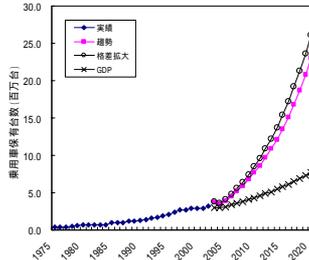
中国



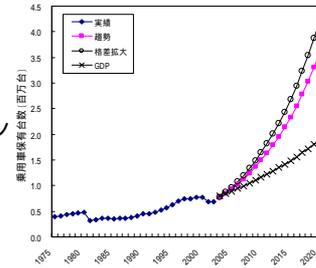
タイ



インドネシア



フィリピン



所得分配の考察(北京の例)

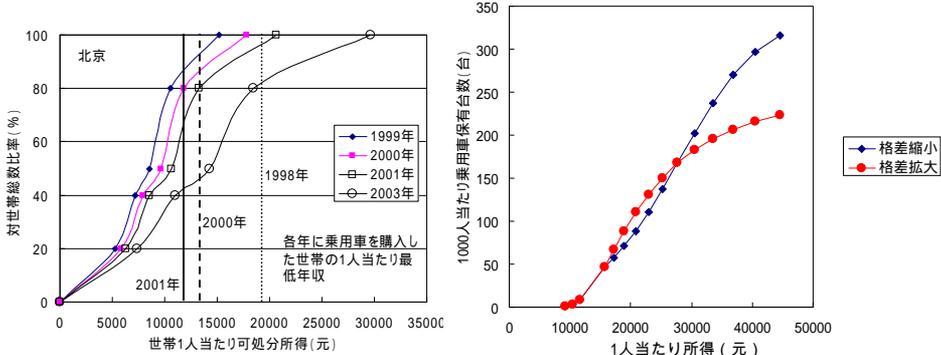
➤ (仮定)

- 所得分布が対数正規分布で与えられる。
- 年収27,600円以上の全ての人が乗用車保有可能。
- 平均所得が10%ずつ増加する場合、分散が5%ずつ減少(格差縮小), 7%ずつ増加(格差拡大)

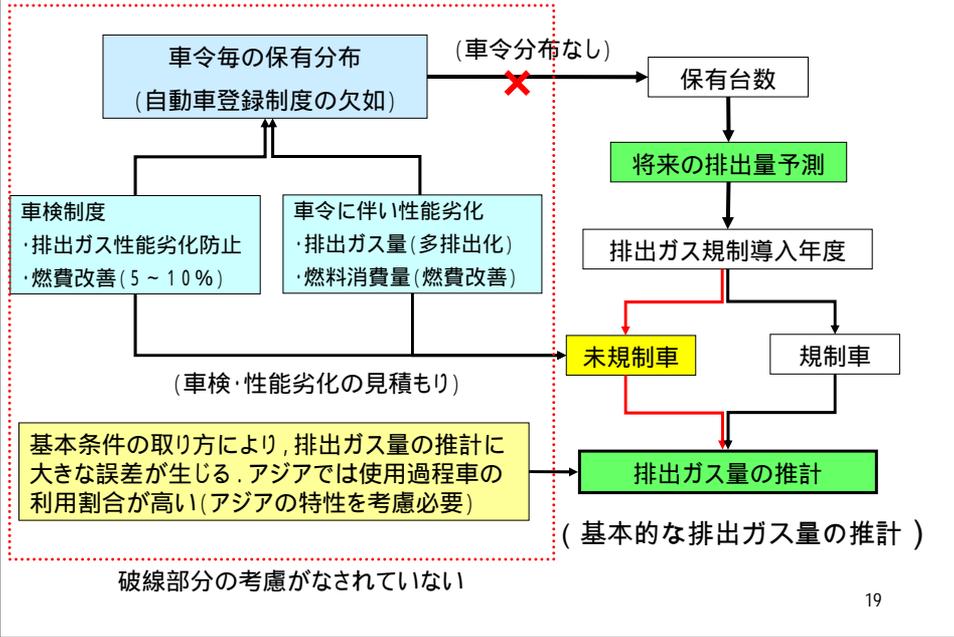
同じ平均所得の増加が見込まれる場合でも、所得格差により保有台数は異なる。

所得分布を考慮した場合、格差が拡大・縮小する場合で平均所得に対する保有台数の変化は異なることから、十分な考慮が必要である。

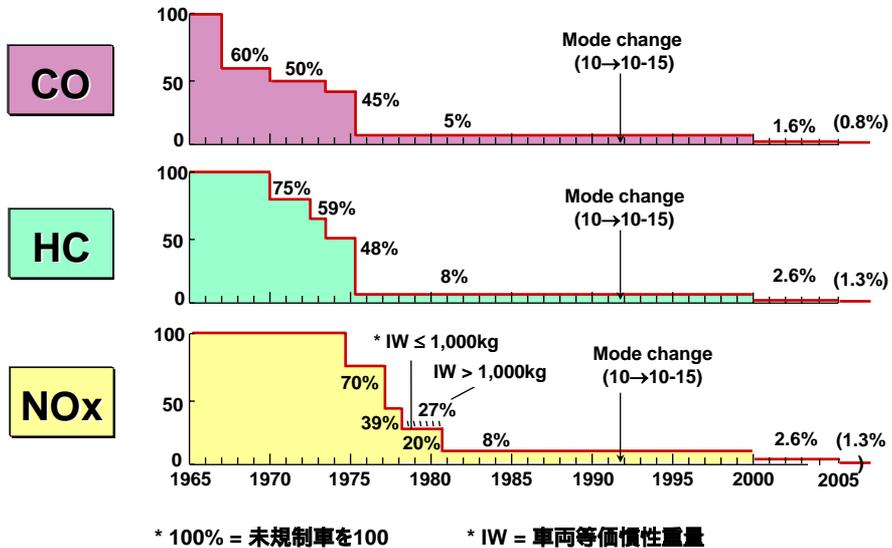
中流層の変化の考慮が重要課題である。



アジアにおける排出ガス量推計時の問題点

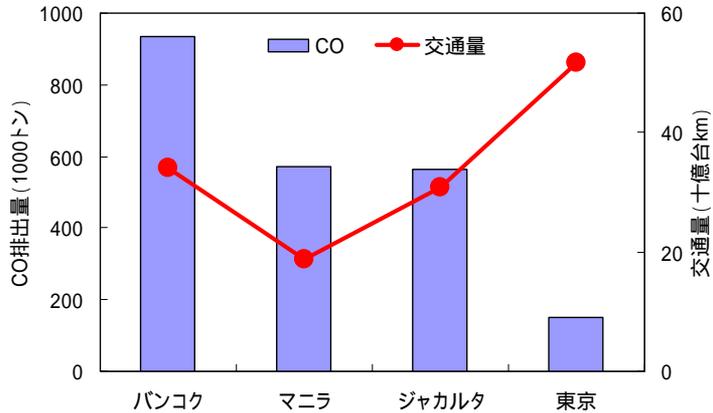


日本の排出ガス規制動向 (ガソリン乗用車)



主要都市での交通量と排出ガス量

- 東京都の交通量は他首都圏の2～3倍
 - 東京都の排出ガス量は他首都圏の20%程度
- ▶ 排出ガス規制基準とメンテナンス効果が低排出量の要因

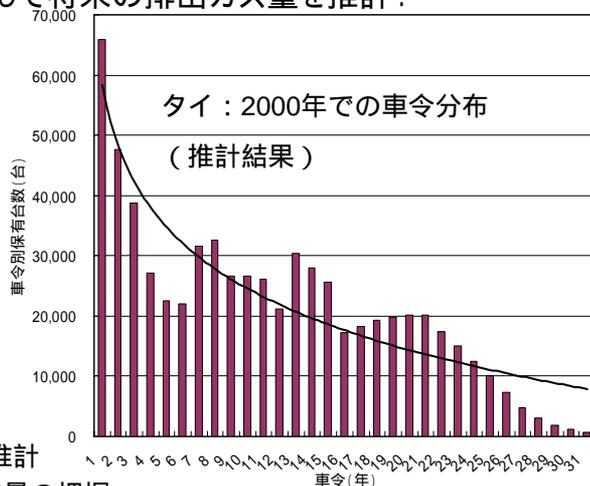


出典：JICA国別報告書および東京都統計資料より著者作成

21

車令分布の作成

- アジアでは自動車登録制度の欠如により車令分布の作成が困難
- 従来は、新車を基準として将来の排出ガス量を推計。

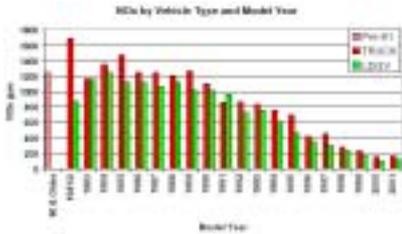


- 車令分布作成により
 - 未規制車の保有台数推計
 - 車令に応じた性能劣化量の把握
- が可能となった。

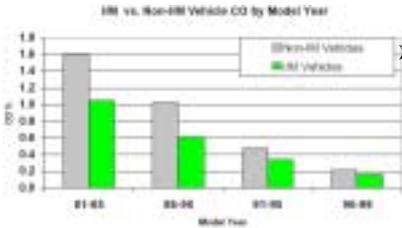
22

自動車の排出ガ斯特性

従来の排出ガス予測では、残存している使用過程車の排出ガ斯特性を考慮せず、新車の排出ガ斯特性を考慮して推計されている。



- 排出ガス性能の劣化
 - 車令が高いほど排出ガスが多量となる
 - 整備状況でさらに悪化する可能性がある
 - アジアでは使用過程車利用が高い
 - 中古部品を利用(排出ガス制御ができない)
 - 排出ガス量は増加する

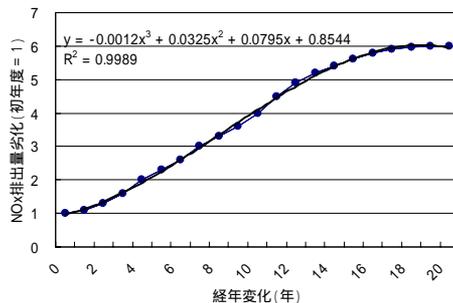
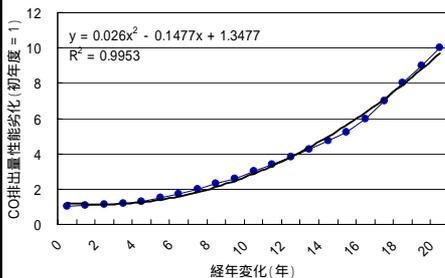


- 車検・メンテナンスの効果
 - 使用過程車に対し排出ガス量低減に効果
 - 車令の高い車ほど排出ガス低減に効果的
 - 費用対効果として排出ガス低減に有効な施策

23

排出ガス性能劣化の定量化

- 車令に応じた排出ガス性能劣化を定量的に推計し、残存する使用過程車の排出ガス量を推計



- 車令の高いアジア諸国で、排出ガス抑制には未規制車の保有台数と排出量の把握は将来の排出ガス規制導入に重要である。

24

車検の効果

車検の効果（整備による削減量）

（単位：％）

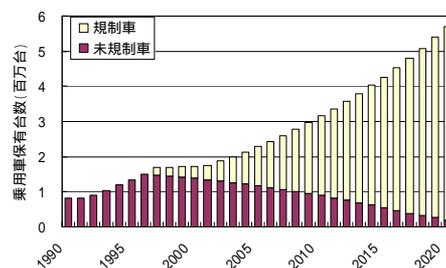
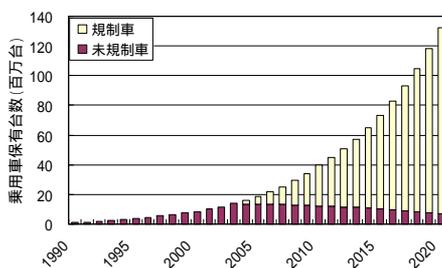
	CO	HC	NOx
0 - 5年	1.2	3	1.0
6 - 10年	2.5	9	1.5
11 - 15年	3.0	1.5	1.8
16年以上	3.5	2.3	2.0

車検制度は車齢の高い自動車ほど，排出ガス低減に有効な手段であり，費用対効果の優れた施策である．

25

未規制車の残存

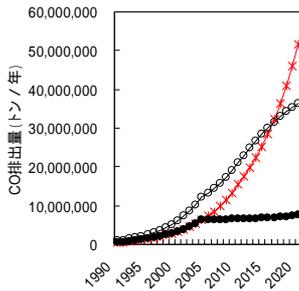
- アジアでの使用年数年は約30年
- 排出ガス規制導入が遅れたフィリピン，インドネシアでは2035年まで未規制車が存続する．
- 未規制車の排出ガス量は規制車の10倍以上であり，性能劣化により更に10倍程度悪化する．使用過程車1台 = 新車100台に相当する可能性．
 - （例）未規制車：Euro3の11倍，Euro4の26倍（CO）



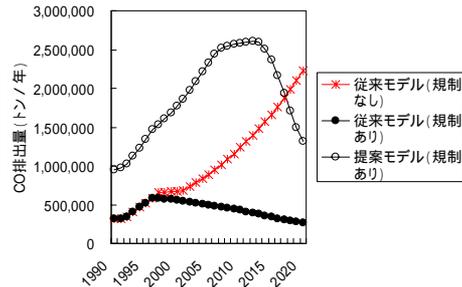
26

排出ガス量の推計

- 従来の推計では排出ガス性能劣化を考慮していない.
- 提案モデルでは車令に基づく排出ガス性能劣化を考慮
- 未規制車と排出ガス性能劣化の考慮は排出ガス推計に重要.
- 排出ガス量削減には規制導入から20年以上の年数が必要
- 削減には未規制車対策と、排出ガス規制の強化が重要(中国)



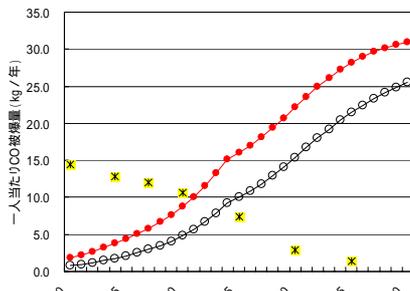
中国



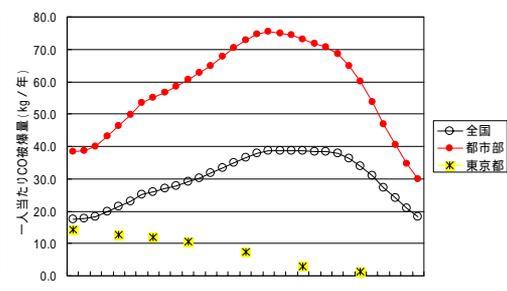
タイ

排出ガス(CO)被爆量

- 中国(都市・全国)は被爆量が増加する.
- タイ都市部では呼吸器系疾患の発生が高まる可能性がある.
- 各国とも東京の水準には今後20年以上の歳月が必要.
- 被爆量の低減には
 - 短期的には未規制車対策が有効
 - 長期的には排出ガス規制強化と燃料性状改善が重要



中国



タイ

ガソリン消費需要への影響(中国)

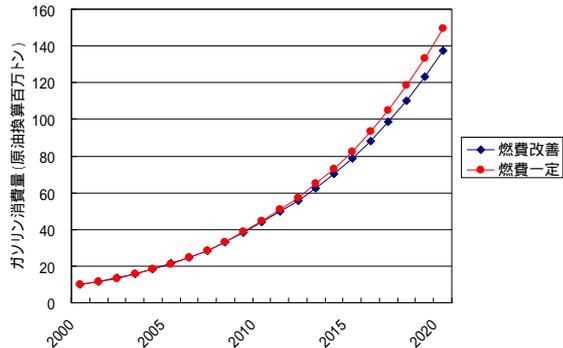
自動車技術の向上(燃費改善)を考慮した場合

- 2020年で1,188万トン(石油換算), 8.6%のガソリン消費節減.
- 他の3国では4.5%~5.2%のガソリン消費節減となる.
- 自動車性能の考慮はエネルギー政策にも反映する.
- (参考)車検の実施は5~8%の燃費改善となる(日本の実施例).

(中国のケース)
燃費改善を考慮

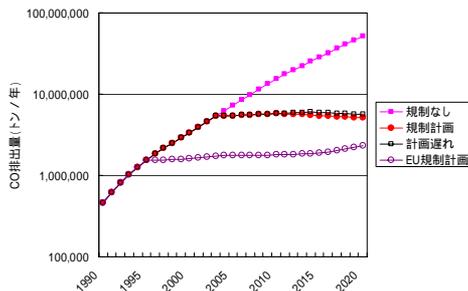
	L / 100km
古い乗用車	9.50
2000年-2005年	9.10
2006年-2010年	8.80
2011年-2015年	8.40
2016年-2020年	8.10

出典: 燃費データはMobility 2030より引用

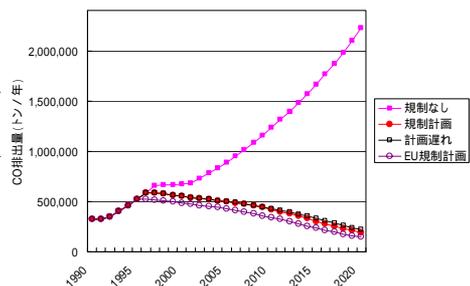


排出ガス規制の効果

- ✓ 日本並みにメンテナンスが実施された場合(予測条件)
- 中国はモータリゼーション進展を予測し, 早期に規制強化すべきであった.
- 中国は予想以上の自動車増加に対し, 残された課題は排出ガス強化と未規制車への対応である.
- 段階的に規制強化してきたタイは効果的に削減している.



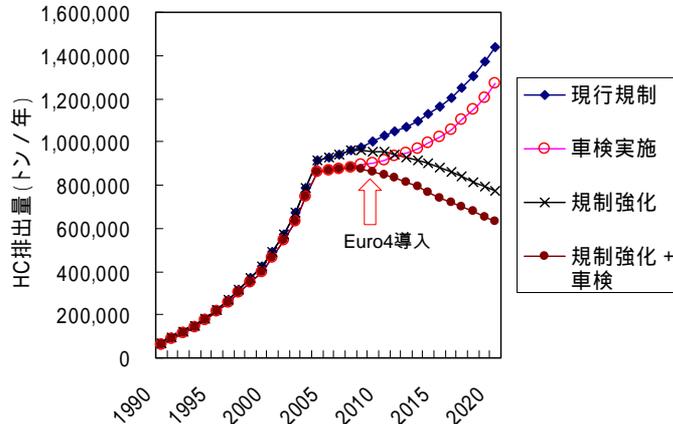
中国



タイ

環境規制の効果(中国の例)

- 規制強化(Euro4導入)は排出ガス削減に効果的である。
- 車検制度は排出ガス規制を補完する
 - 排出ガス規制強化で50%削減, 車検制度で更に20%削減
- 排出ガス + 車検制度の実施が排出ガス削減に最も効果的。



31

まとめ

- 所得格差を考慮した乗用車保有台数モデルの提案
 - 従来型(GDP)推計と比較して2020年では
 - 中国では2,360万台多い156百万台に達する。
 - 他の3国では700万台~1,500万台の増加となる。
- 使用過程車の保有・性能を考慮した環境負荷量推計
 - 車令分布および排出ガス性能劣化を考慮して算出された排出ガス量は, 排出ガス規制が無い場合と同レベルの排出量。
- 環境負荷低減政策として排ガス規制・車検効果を推計
 - 2010年に最も厳しい排出ガス規制Euro 4を導入した場合, 1990年比で最大で20%の排出ガス量を削減できる
 - さらに排出ガス規制と車検制度の組合せでは, 約50%の排出ガス量削減が示され, 環境政策の導入効果を証明することができた。
 - また政策時期や政策の組合せ効果を定量的に把握できることが示された。
- アジアでは, 保有台数および環境負荷量を予測する場合, 所得格差と使用過程車を考慮する必要がある。

32

Integrated policy for sustainable transport in Asia



アジアにおいて改善すべき項目:

- 車検・メンテナンス制度の充実
- 有鉛ガソリンの追放
- 燃料性状の改善
- 排出ガス規制の強化
- クリーンエネルギー利用拡大

- 公共交通利用の推進
- 大気汚染のモニタリング
- 環境キャンペーン, 教育
- 使用過程車買い換え促進制度等

33

自動車に係わる環境対策の展望

現在から2020年まで ⇨ 自動車からの総排出量低減

- 排出ガス規制強化 (EURO4の導入)
 - 硫黄分低減 50 ppm と 燃料性状品質確保
- 車検制度の充実と新車代替政策の導入

2010年から2030年まで ⇨ 省エネルギー政策の推進

- 燃費規制の強化
 - 車検制度の充実によるメンテナンス
- バイオ燃料利用拡大 (エネルギーミックスの確立)

2020年以降 ⇨ 地球温暖化への対応

- 本格的なモータリゼーションに対応した政策の確立
 - エネルギー・環境面の戦略確立 (技術の開発・高度化)
 - 都市形態の変革 (環境負荷低減都市の推進)

34