

地球温暖化概論

都市・交通システムは 地球温暖化に適応できるか？

名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻
加藤 博和

kato@genv.nagoya-u.ac.jp

<http://orient.genv.nagoya-u.ac.jp/kato/Jkato.htm>



名古屋大学 加藤博和 19/07/23

1

日本は、今まで幸せな時代だった

- 偶然にも！大災害が少なかった
- 人口も経済も右肩上がり。借金しても必ず返せる
- エネルギー・資源・食料が十分入手でき、環境への負荷も大きくない

→ 役所に税金を払ってれば、
それなりに公共サービスをやってくれた

東日本大震災とともに、これらの前提がすべて崩れ
去った!! (気づいていなかったか、気づかないふりをし
ていただけという話もあるが...)

名古屋大学 加藤博和 19/07/23

2

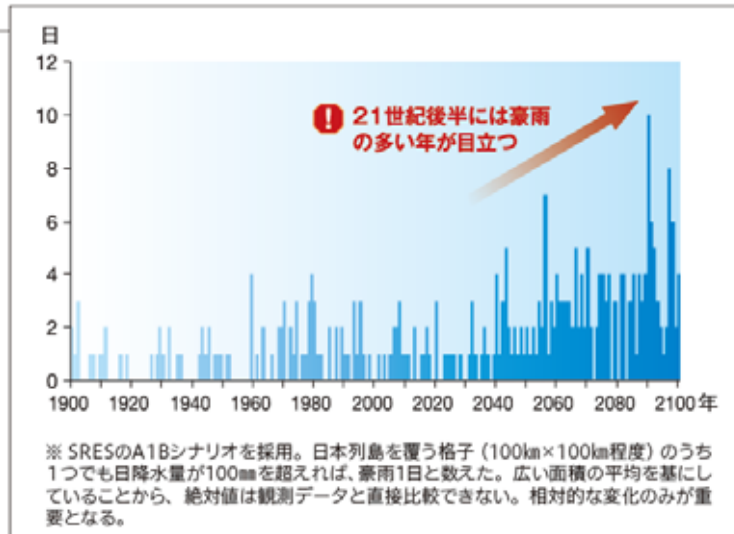


名古屋大学 加藤博和 19/07/23

3

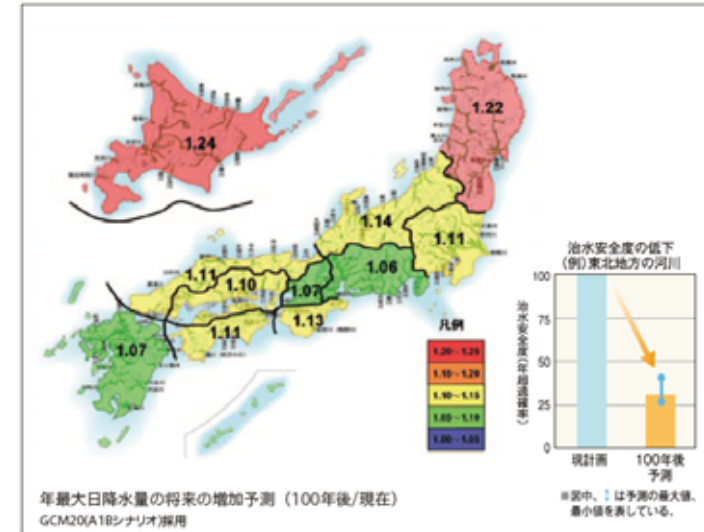
気候変動によって豪雨が増加

●日本の夏季(6・7・8月)の豪雨日数の変化



気候変動によって洪水が激化

●降水量の増加と治水安全度の低下



①施設による適応策(新規施設の整備、流域における施設の整備等)

河川、洪水調節施設や下水道施設の整備等に加え、雨水貯留・浸透施設などの流域における施設の整備を行います。



洪水調節施設(地下調節池)
(出典12より)



下水道施設
(出典15より)



雨水貯留施設
(出典12より)

②地域づくりと一体となった適応策(土地利用の規制・誘導、住まい方の工夫等)

通常の連続堤を整備すると、家屋の移転が必要等、完成までに多大な費用と期間が必要となる場合があります。

このような場合、軸中堤・宅地嵩上げや、それに伴う土地利用の規制・誘導など土地利用の状況に合わせた対策を効率的に、短期間で実施することにより家屋の浸水被害を解消できます。

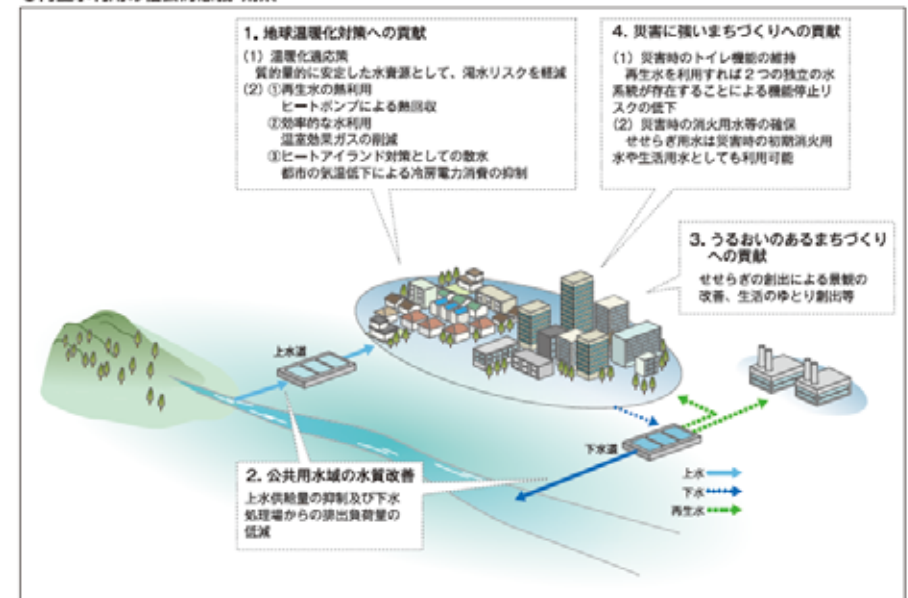


(出典12より)

③危機管理対応を中心とした適応策(情報提供の強化等)

洪水の予報や水位等のリアルタイム情報の提供の強化等、洪水発生時の減災対策を行います。

●再生水利用の社会的意義・効果



緩和と適応の双方による低炭素・影響適応型社会の実現

●緩和と適応が融合した社会のイメージ



(出典)より

今後、あらゆる場面で、温室効果ガス削減に向けた緩和の取組と、適応の取組の双方を組み合わせ、社会経済システムの変化への対応ともあわせて、包括的に対策を進めていくことが重要となります。

例えば、都市部では、建築物の高断熱化等のヒートアイランド対策、災害に強く効率的な公共交通網の整備などが重要となります。こうした適応策は、多くの場合、温暖化の対策のみならず、さまざまな災害に備える予防策や被災リスクの削減にもつながります。また、中山間地などでは、適切な森林の整備・保全による二酸化炭素吸収機能、国土保全機能等の発揮とバイオマス資源の有効活用、食の安全・緩和・適応を同時に実現する農林業の手法構築などが重要となります。さらに、災害から自らの身を守る、地域ぐるみで熱中症を予防するなど、国民一人ひとりが地域が気候変動に適応し、先手を打って行動していくための環境・基盤づくりが求められます。

このように、緩和と適応を融合させた低炭素・影響適応型社会の実現に向けて努力していくことが必要です。

都市の低炭素化の促進に関する法律(エコまち法)12/08/29成立

※ 協議・調整を行う低炭素まちづくり協議会(地方公共団体、民間事業者等)を設置可能



人口減少と高齢化の進展

年	1930	1960	1980	2005	2030	2050	2080
人口 (全国)	50	74	92	100	90	74	50
(名古屋)	45	72	94	100	95		
高齢化率 (全国)	5%	6%	9%	20%	32%	40%	42%
(名古屋)	3%	4%	8%	18%	29%		

推計値は、国立社会保障・人口問題研究所の公表値に基づく

- ・75年かけて広げた居住域を、75年かけてたたむ必要(だからといって、昭和初期の都市・集落地域に回帰せよという意味ではない)
- ・高齢化でどんどんお金がなくなる一方、どんどんやるべきことは増える

都市・建築のパラダイムシフトが急務

自然変化

- ・気候変動(温暖化、異常気象、海面上昇など)
- ・自然災害(地震、津波、噴火など)
- ・生態系劣化

社会変化

- ・人口減少、少子高齢化
- ・スプロール、産業空洞化
- ・インフラ・住宅の劣化
- ・過度のモータリゼーション
- ・コミュニティ希薄化

猛威

脆弱化

国土・社会が持続不可能に「社会的津波」?

再デザイン必要

「使い捨て」から「持続可能」へ

加藤的 “Think globally. Act locally.”

- 一応、土木屋です！ -

- **Think globally (本業): 低炭素交通・都市の追求**
 - 「地球へのやさしさ」の定量評価手法開発
 - 都市空間構造の評価
 - 自治体のGHG削減計画策定支援
 - 低炭素革命を果たさなければ、交通システムは社会の中で生き残れないのではないかと危機意識
- **Act locally (副業): 地域公共交通づくりへの参画**
 - 危機に瀕した鉄道・バスの立て直し
 - 自治体・事業者・地域住民との協働によるソリューション創出
 - 「地域公共交通プロデューサー」として現場で改善活動に携わる

机上と現場を往復しながら、互いを結びつける

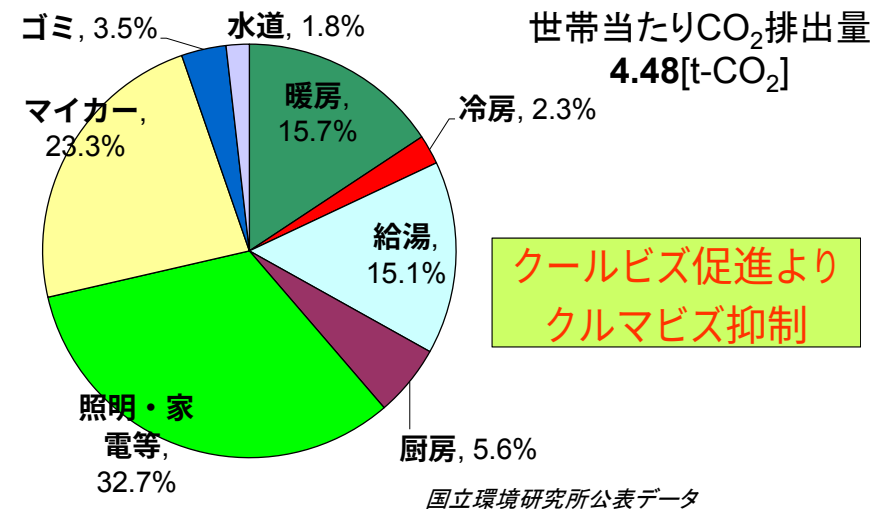
常に「クルマ社会」のことを考えてきた

名古屋大学 加藤博和 19/07/23

12

クルマは環境負荷をたくさん出す

- 日本からのCO₂排出量の内訳 (2017年度) -



名古屋大学 加藤博和 19/07/23

13

クルマがCO₂をたくさん出すことは分かっても「クルマから脱却」できますか？

- 楽だから、便利だから乗っている
- いまや、クルマがないと生活に支障
- 何となくカッコ悪いと感じる

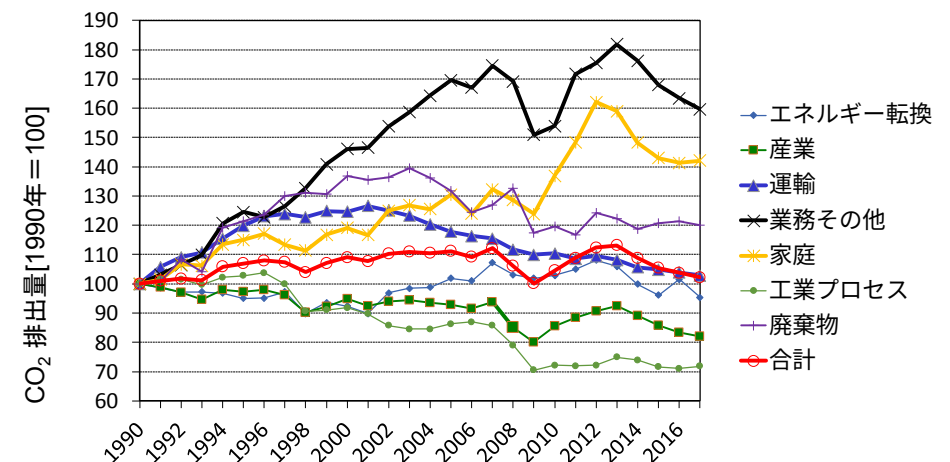
→ でも、自分たちが何もしなくても、技術革新でCO₂を出さないクルマが出てくれば大丈夫！？

名古屋大学 加藤博和 19/07/23

14

日本のCO₂排出量の推移 (1990~2017)

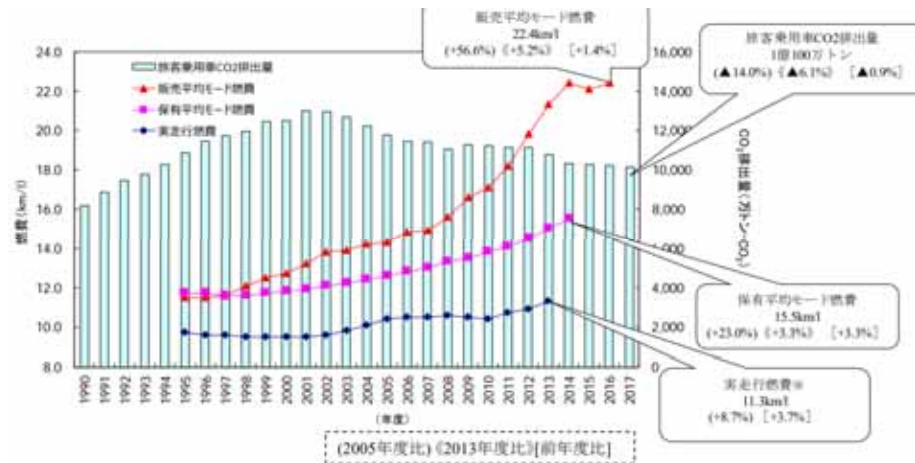
環境省公表データ



名古屋大学 加藤博和 19/07/23

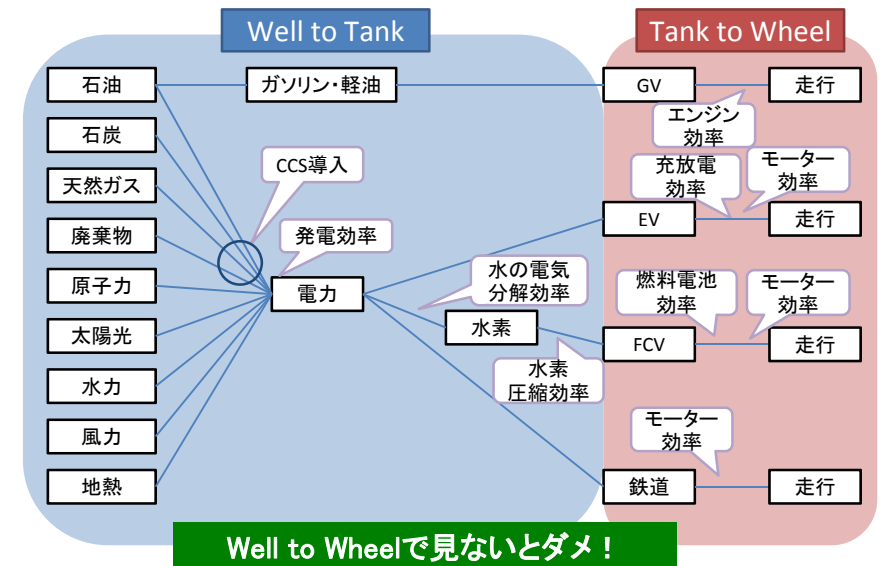
15

燃費のいいクルマへの買い替え



- 1996～2006年で販売モード燃費は30%近く改善
ー省エネ法・自動車関連税グリーン化を受けた自動車メーカーの努力の結果
- さらに2014年までに50%以上改善

燃料採掘から車両走行までのパス



低炭素自動車普及シナリオの設定

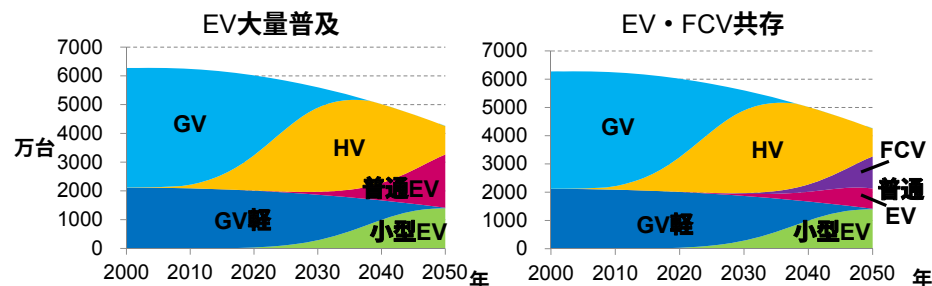
a) EV大量普及

- FCVの価格が下がり、EVのみ普及
- 貨物車・バス・タクシーについては、HVのみ普及

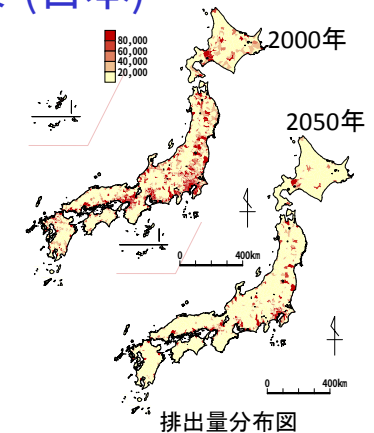
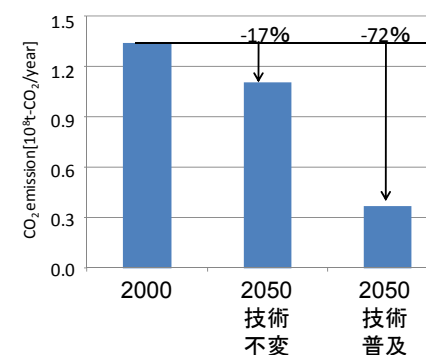
b) EV・FCV共存

- 技術革新によりFCVの価格が劇的に低下 → EVに代替して普及
- 貨物車・バス・タクシーについては、HV及びFCVが普及

※自家用旅客・営業用旅客・貨物輸送いずれも同じ割合で普及が進むと仮定

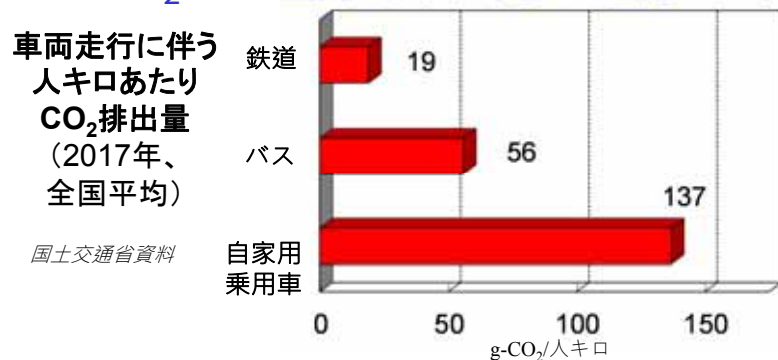


技術普及による旅客交通CO₂削減効果推計結果 (日本)



車両・燃費技術向上→2000年排出量から最大約70%削減
しかし、目標値 (80%減) までさらに3割削減が必要

乗用車と乗合交通で CO₂排出量はどれくらい違うか？



- ・ 個人が自動車から乗合交通に乗り換える場合はこの値でよい
- ・ しかし、**転換してもらうために本数や路線を増やす(供給を変える)場合、この値は変化する**
- ・ **逆効果の場合も(建設時排出卓越、ガラガラ)**
→ **たくさん乗り合うことではじめて効果が現れる**

名古屋大学 加藤博和 19/07/23

20

各交通手段は、どのくらい乗っていれば CO₂削減といえるのか？

モード (250[本/日]運行と仮定)	自家用車(走行のみ)と人kmあたりCO ₂ 排出量が 同等となるために必要な乗車人数[人/両] 2000年全車平均 (括弧内は新型プリウス)	
	走行のみ	車両製造・ インフラ建設含
高架電化鉄道	6.7 (17.0)	11.8 (30.3)
AGT(新交通システム)	2.7 (6.8)	7.4 (19.0)
LRT	2.0 (5.1)	3.9 (10.0)
HSST	10.8 (27.7)	16.9 (43.4)
BRT(基幹バス)	5.4 (13.8)	7.1 (18.1)

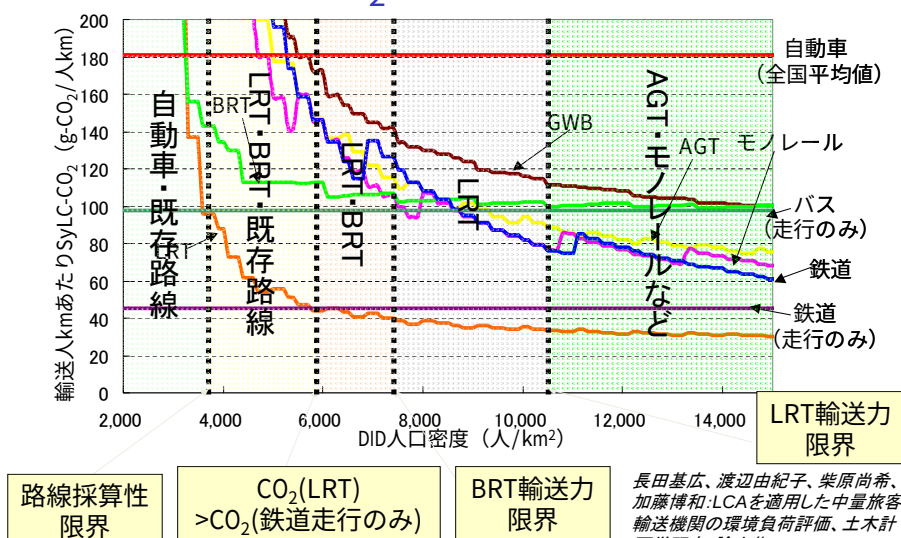
※ 自家用車乗車人数:1.4人、路線運行本数:リニモ並み、
編成車両数:鉄道4、AGT4、LRT2、HSST3

名古屋大学 加藤博和 19/07/23

伊藤圭、加藤博和、柴原尚希:乗車
人数を考慮した地域内旅客輸送機関
のライフサイクルCO₂排出量比較、
第18回土木学会地球環境シンポジ
ウム講演集、2010.9

21

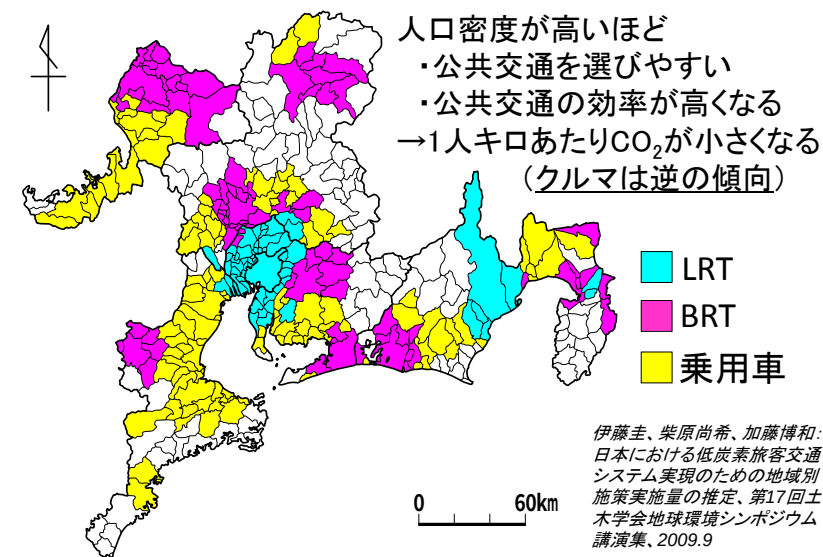
DID人口密度に応じた 実施可能でCO₂排出が小さい交通体系



名古屋大学 加藤博和 19/07/23

22

LC-CO₂最小となる基幹交通モード：2000年

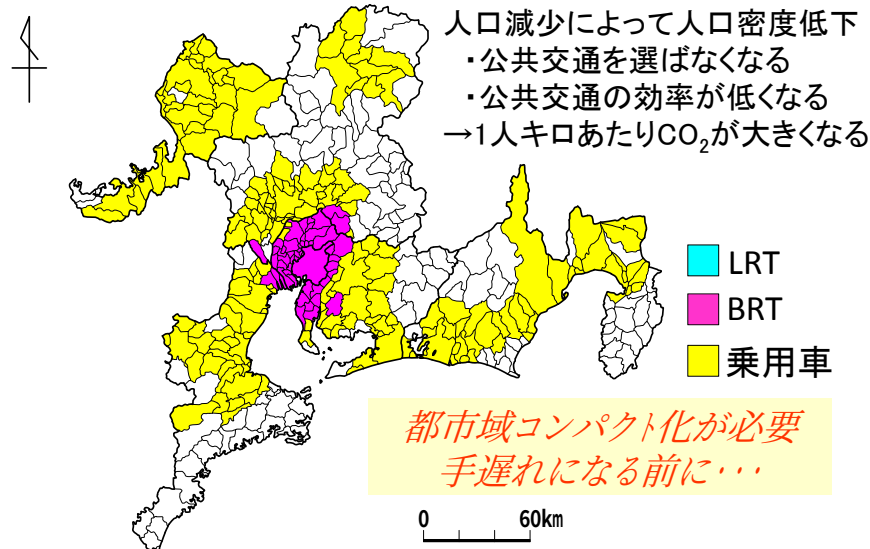


名古屋大学 加藤博和 19/07/23

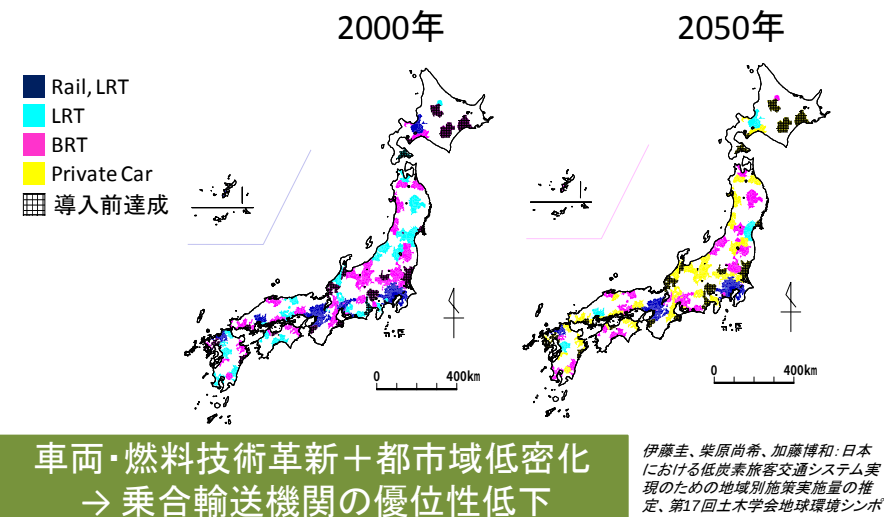
23

LC-CO₂最小となる基幹交通モード：2050年

(各都市のDID面積が2000年と同じとした場合)



国内各地域におけるLC-CO₂最小輸送機関



「拡散」から「凝集」へ

人口増加期：「だらしない拡散」

スクラップ&ビルド(使い捨て)
都市域の無秩序な拡大
土地利用の無駄使い
→ 持続不能社会



人口減少期：「かしこい凝集」

各地域の身の丈に合った空間形成
土地利用の最適効果の発揮
→ 持続性社会へ

コンパクト？

Compact =
完備性 (数学)
・ ・ 小さい中に
一通りのものが
入っていること



中心市街地活性化(再開発?)・商業振興策と
勘違いしている人が少なくない

コンパクトシティとは？

- ・「都市」と「非都市」とを明確に分ける(「線引き」)
 - 空間的に明確な区別(メリハリ)。土地の「チカラ」を引き出す(土地生産性を極大化)
 - 都市と非都市、それぞれに合った投資
 - ※1箇所に集中するという意味ではない
- ・「都市」をなるべく狭くする(密度を高くする)
 - 空間・インフラの有効活用
 - 長持ちし風格あるインフラ・建築物群(「ストック化」)
- ・「都市」の中はなるべくクルマを使わせない
 - クルマは空間の有効活用を阻害し、環境・安全面でも劣る
 - バリアフリー・ユニバーサルデザイン

2種類のコンパクト・シティ



青森市中心市街地活性化基本計画(平成19年2月)

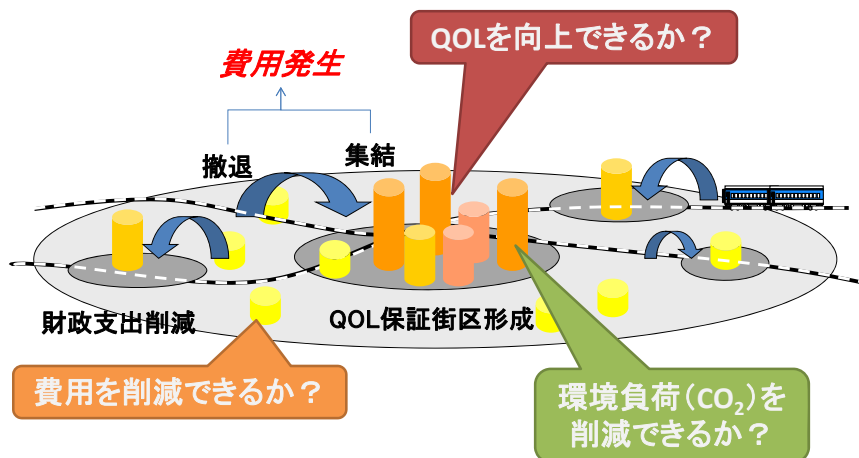
中心市街地活性化方策
(歩行者・自転車機能向上)



富山市公共交通活性化計画(平成19年3月)

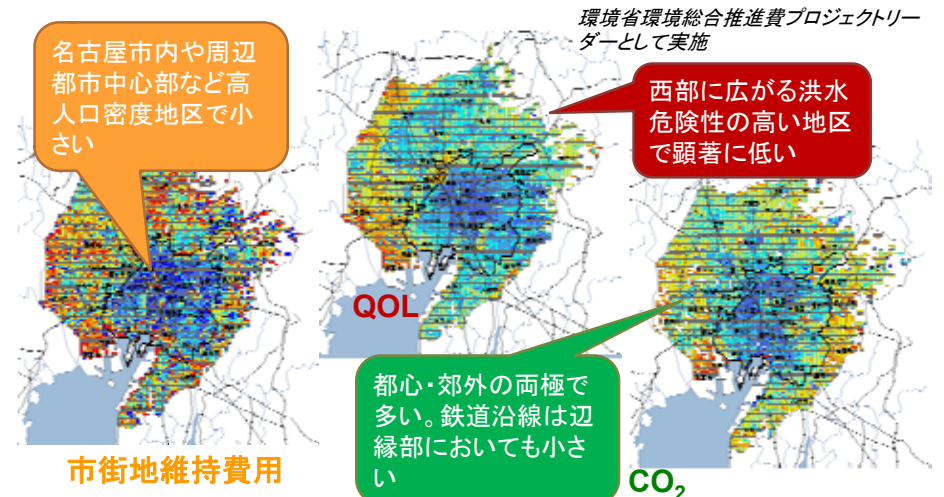
公共交通活性化方策(LRT/BRT)
公共交通指向型開発(TOD)

「かしこい凝集」は本当に持続可能な都市を実現するか？



Triple Bottom Line でチェック！

名古屋都市圏を対象としたTBL評価結果 500mメッシュ単位 (2005年時点の例)



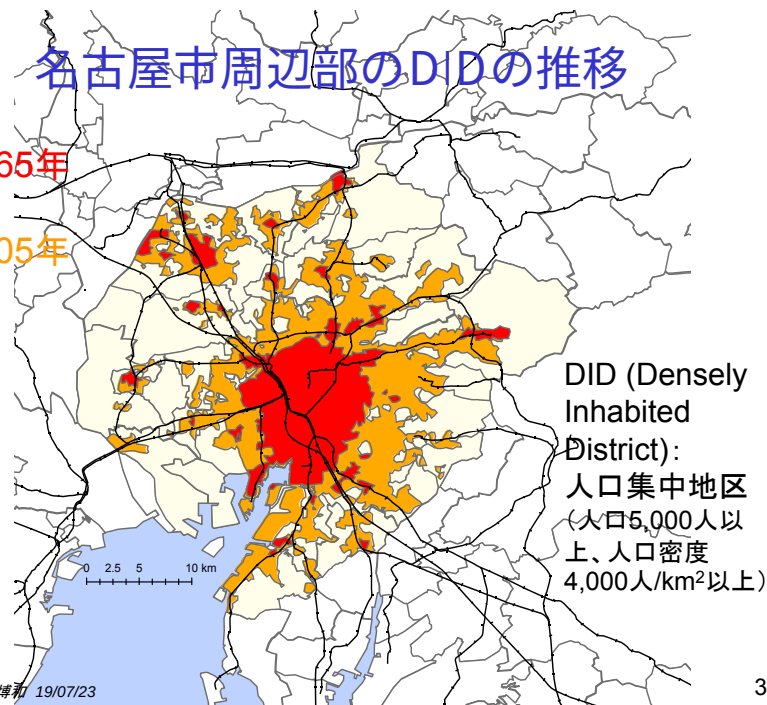
市街地維持費用

費用効率性(QOL/費用)、環境効率性(QOL/CO₂)から都市構造見直しの方向性を見いだす → 時空間的なインフラ整備・更新策の方針検討へ

名古屋市周辺部のDIDの推移

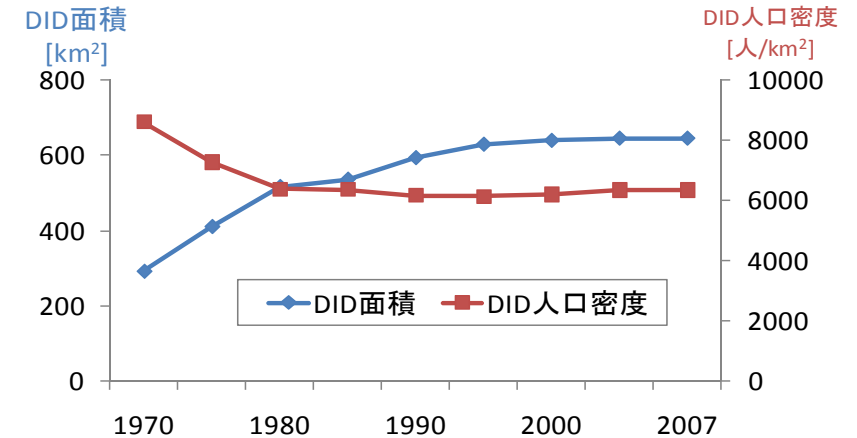
赤: 1965年

橙: 2005年



32

名古屋市周辺部のDIDの推移

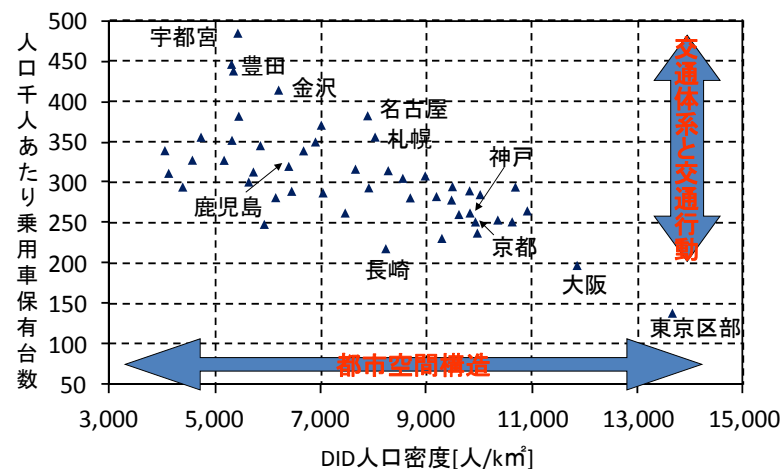


面積は2倍、人口密度は2/3

名古屋大学 加藤博和 19/07/23

33

日本の主要都市におけるDID人口密度と乗用車保有率との関係 (2005年)



地方部: 拡散的立地構造。公共交通利用増加は困難

名古屋大学 加藤博和 19/07/23

34

クルマは土地を浪費する



出典: ストラスブール市資料

かしこくないし、楽しくない・・・
せっかくの土地がもったいない
体がなまって健康にも悪い
しかもCO₂もたくさん出る

名古屋大学 加藤博和 19/07/23

35

クルマは都心空洞化・郊外化を促進する

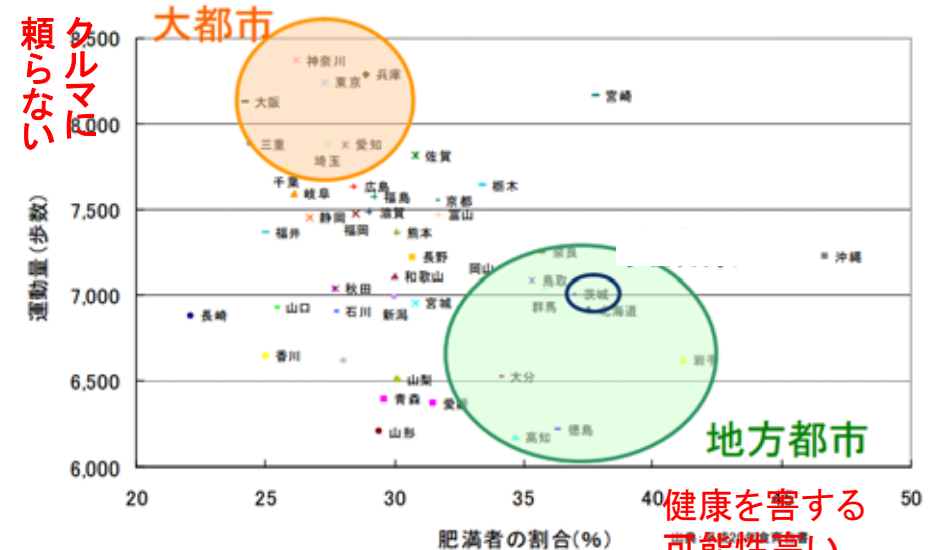


かしこくないし楽しくない
体がなまって健康にも悪い
こんな地域では、人口減少・高齢社会を生き残れない

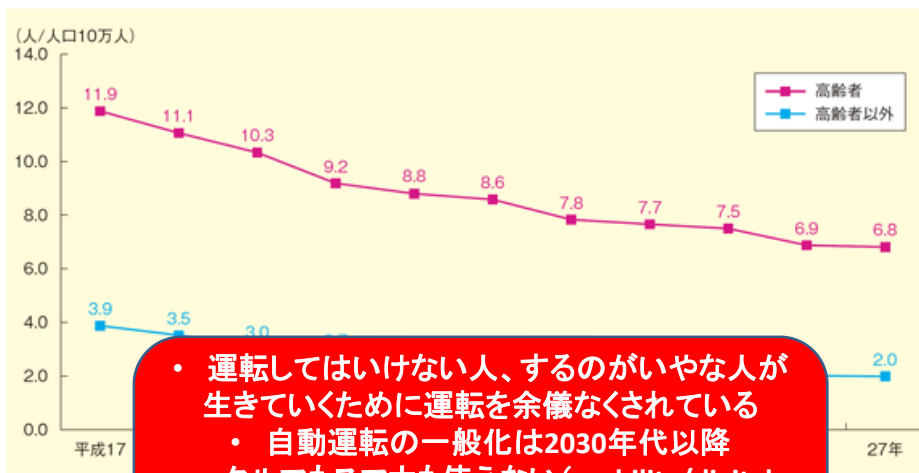
魅力に乏しく無個性
クルマはいても人がいない「まち」
（車窓からは看板を見る余裕もない）



田舎ほど運動せず不健康 ・ ・クルマ依存だから



人口10万人当たりの高齢者及び高齢者以外の交通事故死者数の推移



- ・ 運転してはいけない人、するのがいやな人が生きていくために運転を余儀なくされている
 - ・ 自動運転の一般化は2030年代以降
- ・ クルマもスマホも使えない(mobility/digital devide)人を見捨てる社会になるのか？
- ・ 運転できなくても暮らしていける(安心して免許返納できる)社会づくりこそ急務

「いまは乗らないけど、将来クルマが運転できなくなったら利用したい」という声をよく聞きますが・ ・ ・

- ・ 公共交通よりクルマの方が便利で使いやすいから使っているのが現状
 - － クルマはカーナビ・オートマ・パワステ・衝突軽減ブレーキで半自動
 - － 一方、公共交通は調べないと乗りこなせないし、けっこう歩かないといけない
- ・ そんな方が、クルマが運転できなくなった時に、バスを利用できるのか？
 - － バス停まで歩けるか？ ダイヤを調べられるか？

結論：クルマが運転できなくなった時に公共交通が利用できるはずがない。つまりその時が自由に外出できなくなる時

- － 公共交通を使う人は、クルマを使う人より元気！
- － クルマに乗れるうちに公共交通も乗るようにしておくことが必要

「再生可能都市」とは？

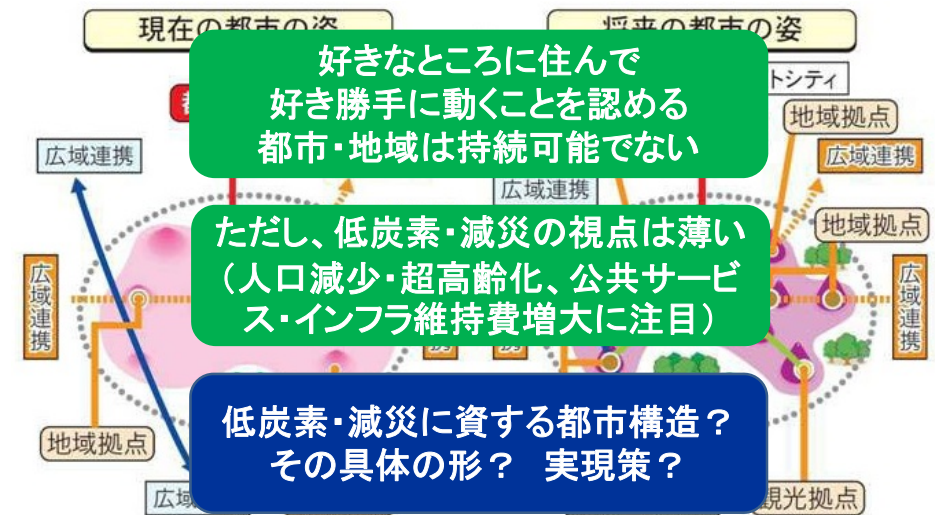
『技術革新や意識改革だけで低炭素社会は実現不可能
都市・地域の空間構造を変更することが必須である』

- 3つの脅威(「気候変動<緩和+適応>」「エネルギー供給危機」「巨大自然災害」:従来は別個に検討)にしなやかに対応できる(危機に瀕しても持ちこたえ再生していける)
- 3つの性能(単位ライフサイクルコスト投入で得られる「環境」「防災」「健幸」)が高くなる
ような空間構造を有する都市

その実現のために・・・

- 再生可能都市を中長期(建物・インフラ更新過程)で漸次(「一挙に」ではなく「だんだんと」)実現する戦略を、地域主体で立案・実施するための支援ツールが必要

予想解：「コンパクト+ネットワーク」
国土交通省「国土のグランドデザイン2050」のキーワード



低炭素で暮らしやすいまちづくりを
「街区群」のスケールで目指す



- 低炭素で住みやすく、コスト・防災面でも有利な地区とするための技術・政策・空間デザインを、地域特性に応じて統合的に検討できるスケール
- 具体的なデザインや効果の検討が可能で、住民・行政とイメージ共有や議論がしやすいスケール

世界では「低炭素で暮らしやすい」
交通まちづくりがアツい！



持続可能なまちづくり(魅力向上・環境・福祉・健康・防災・コスト等)の観点から、交通体系再編、過度のモータリゼーションからの脱却を「政策」として強力に推進
市民の支持も得られる

日本では富山が先行
既存の「どうしようもなかった」鉄
道線をLRT(Light Rail Transit)化
(富山ライトレール)
→ まちの軸として誇れる存在に
→ コンパクトシティへ展開
カギは「乗る公共交通」



低炭素で魅力的な都市・交通システム 実現のための長期的な循環

<交通戦略>

コンパクト化を誘導する交通システム
公共交通・非動力交通の充実



<都市計画マスタープラン>

公共交通を有効に機能させるコンパクト化
公共交通指向型ゾーニング・施設再配置

これをやりとげるためには大変なエネルギーが必要だが・・・
40年計画で頑張ればよい(その間に建物は半分以上建て替わる)

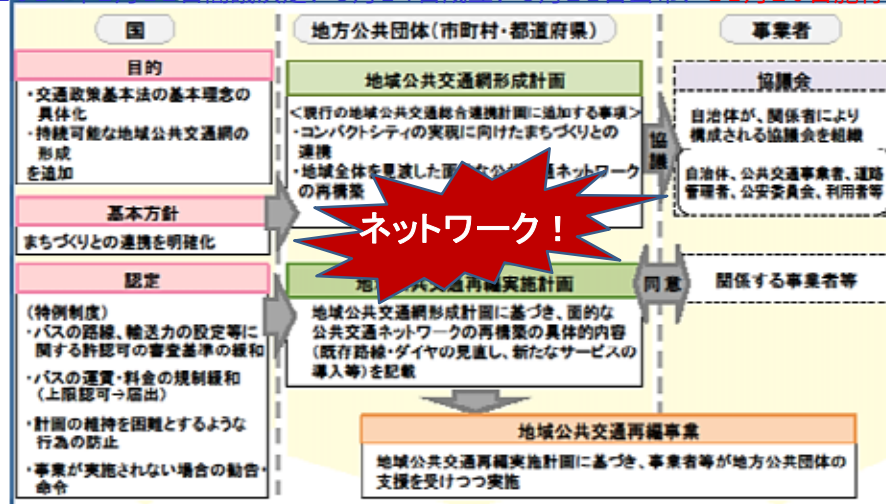
改正「都市再生特別措置法」

2014年2月12日閣議決定、5月14日成立、5月21日公布、8月1日施行



改正「地域公共交通活性化・再生法」

2014年2月12日閣議決定、5月14日成立、5月21日公布、11月20日施行



地域にとって最適な公共交通ネットワークの実現を強力に推進

低炭素都市を支える交通システム

線引きできなければ、魅力的な交通システムでひきつける

- ・ **まちなか**: 徒歩・自転車(コミュニティサイクル)と、エレベータの公共交通もしくはカーシェアリング(自家用車は入れない)
- ・ **まちへの出入り**: 公共交通が主(自転車も可能とする)。クルマはなるべく、郊外の駅(パークアンドライド)かまちの入口(フリンジパーキング)でせき止める(ロードプライシング、セルシステム)
- ・ **いなか**: クルマが基本。バス・パーソナルモビリティ等がサポート
- ・ **物流**: クルマが基本だが、鉄軌道でできるところは担当。新しい手段の開発が必要か?

※IT代替で旅客交通は減らせても、物流は減らせない
むしろ増えるだろう
→将来的には物流がより深刻な課題に



LRT・BRTは定時性・速達性に優れ、「軸」「幹」として有効
 しかし、カバーできる範囲が狭く、
「フィーダー交通の充実とその接続」および「準幹線整備」が重要に
乗継保証

- 本数の多い幹線で乗り継げる便を決め保証
- 時刻表・出発情報で明示
- 幹線の定時性確保が重要
- 遅延情報の共有（接続待ち、車間連絡等）

幹線・支線運行の適正化

- 需要に見合った頻度・サイズ（幹線：専用道・レーン、連節バス、支線：タクシー車両導入、オンデマンド化）

名古屋大学 加藤博和 19/07/23

48

「グリーンスローモビリティ」
 市街地・小地域・端末における低速交通の可能性
 ～車内だけでなく、沿道とも一体になれる！～

群馬県桐生市「MAYU」(eCOM-8)



- 電動。最高速度19km/h。9人乗り
- 中心部観光のほか、中心部に近い公共交通空白地での運行実験（フィーダー）も実施中
- 「まちと一体になれる」・・・車内でのコミュニケーションだけでなく、車内と車外の間のコミュニケーションにも資する（乗っていてめっちゃ楽しい）

→ フィーダー・歩行支援として地域公共交通網を補完できる
 → 地域で支えるスキームが好適
 → 電動・中山間地でのガソリンスタンド撤退にも対応。自動運転とも好相性

名古屋大学 加藤博和 19/07/23

49

都市計画でどうサポートできるか？

-公共交通が機能するまちづくりへ-

- 線引き、ゾーニング
- 都市計画道路
- 都市計画事業
- ターミナル、駅・停留所
- 公共交通優先型道路
- トランジットモール
- 公共施設・集客施設の配置、設計
- ……今後は、欧米のような駐車場課税やコードンプライシング、セルシステムのような自動車抑制策との組み合わせも必要となろう

名古屋大学 加藤博和 19/07/23

50

低炭素なごや2050戦略（2009）

■ 総合目標

低炭素で快適な都市 なごや

歩いて暮らせる化石燃料の少ないまち
 自然豊かで、冷暖房のいらぬまち
 市民と事業者、行政の協働が創る低炭素のまち

■ 低炭素都市構築の4つの視点

視点	方針
まちづくり	公共交通機関を中心とした生活圏の構築に向けた、集約型都市構造への転換、自然と共生する都市への再生
ものづくり	最新環境技術と知恵を取り入れた都市
エネルギー	化石燃料から自然エネルギーへの転換
社会システム	低炭素ライフスタイル・ビジネススタイルの普及

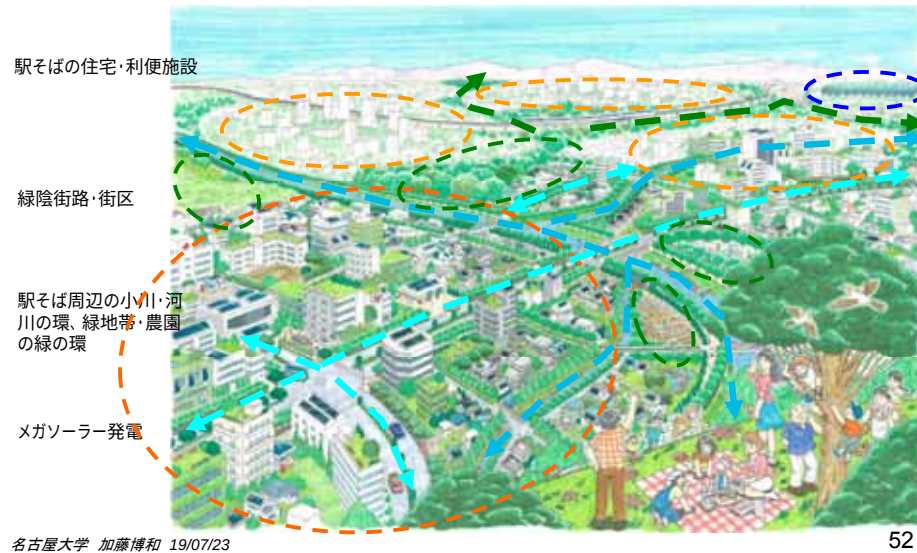
■ 3つの生活像と市民協働パワー



名古屋大学 加藤博和 19/07/23

51

■ 都市構造の空間イメージ (3つの生活像を支える都市空間)



52

「なごや型」コンパクトシティ実現プロセス
-先人が残した財産を活かして温暖化に適應する！-

交通インフラ自体はかなり多く供給(広い道路、ある程度充実した鉄道網)。しかし、使い方がもったいない

・第1段階「Co-modalによるクルマ依存脱却」

- ・・・非自動車系(徒歩・自転車・公共交通・パーソナルモビリティ)の活用
- 都心・幹線の旅客自動車交通削減

・第2段階「都心・幹線道路・駐車場空間の再配分」

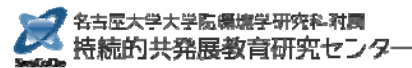
- ・・・非自動車系空間や緑地へ転用
- 人が主役の道、緑陰空間創出、都心QOL向上

・第3段階「都心・駅そばへの凝集」

- ・・・街区のストック化と維持コスト削減
- 高齢化対応、郊外部での緑地・農地創出

名古屋大学 加藤博和 19/07/23

53



加藤博和

検索

<http://orient.genv.nagoya-u.ac.jp/kato/Jkato.htm>

質問・相談等はE-Mailで

E-Mail: kato@genv.nagoya-u.ac.jp

facebook: [buskato](https://www.facebook.com/buskato)

"Think Globally, Act Locally"

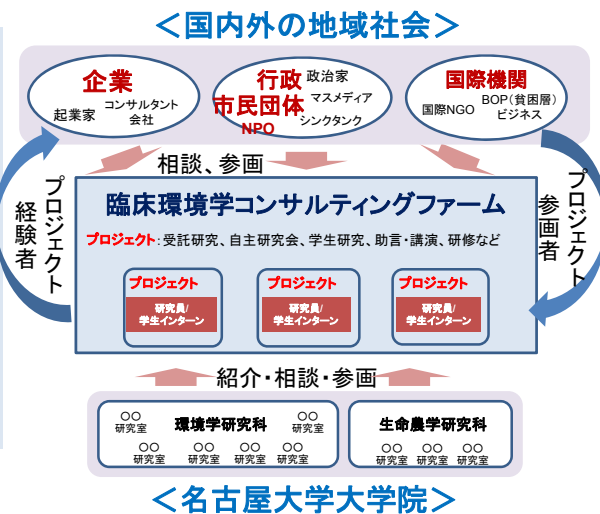
交通・都市施策の環境負荷をライフサイクルアセスメントによって明らかにし、CO₂削減とQOL向上・費用低減を両立するソリューションを追求する一方、地域の現場でよりよい交通とまちをプロデュースする仕事にも取り組んでいます

あなたの住んでいるorいたまちを、CO₂が
少なく住みやすい交通・都市にしていけた
めに何が必要かについてA4・1枚でまとめ
てください

臨床環境学コンサルティングファーム

-社会と大学研究者との「お見合い」の場-

- 企業・行政、市民などの皆様の**ワンストップ相談窓口**！
- 地域と大学の共同研究・**協力活動**を**創り出す場**！
- 新たな環境人材の育成と**キャリア開発**の機会！



統合環境学特別コース *Integrated Environmental Studies Course* :

- ◎博士後期課程向け。どの専攻に所属していても参加可能
- ◎異分野の学生・教員とともに、環境問題について多角的に考えることができる
- ◎研究科附属持続的共発展教育研究センターが提供