

課題名	発展途上国における気候変化の緩和に資する住宅・都市形成支援に関する研究		
担当研究機関	国土交通省国土技術政策総合研究所		
研究期間	平成16-18年度	合計予算額 (当初予算額ベース)	38,244千円（うち18年度 10,645千円）
研究体制 国土交通省国土技術政策総合研究所 特にサブテーマは設定していないが、現地調査、及び現地セミナー、ワークショップの開催に関しては、インドネシア共和国公共事業省人間居住研究所の協力を得て実施した。			
研究概要 1. 序（研究背景等） 第2期約束期間（2013～17年）以降については、発展途上国の近代化と経済発展に伴う急速な排出量増大が懸念されている。とりわけ都市においては、(1)人口と住宅の急増、それに伴い自然生態系と一体に循環していた土や木などの建築材料から、埋蔵資源に依存し、製造時に大量に燃料を消費する鉄やセメント、煉瓦など、非循環的建築材料への変化(2)エアコンの普及による電力消費量の増大(3)自動車交通の普及に伴う車輦やガソリンの消費量の増大が急速に進行しつつあり、かつ都市の過密化と膨脹により、(4)都市内外の緑地の減少(5)火災の頻発等一連の問題を派生させている。かかる状況は、現地においては、究極的に貧困問題に帰着する永遠の課題として捉えられている。しかしながら、地球環境問題という新たな枠組に基づき、先進国から見て小さな追加投資により、長期的に見た緩和に大きく寄与するような住宅・都市の将来像を提案することは可能であり、将来の援助のあり方を方向づけていく上で意義があると考えられる。 1999年度にFSとして実施した、「インドネシアにおける都市開発・住宅建設と地球環境の相互影響の評価と対策に関する研究」の中で開催した現地セミナーにおいては、これまで自由に排出してきた先進国の負債を途上国に押しつけることへの反論等の意見が目立った。しかし、その後2000～2002年度に実施した「海面上昇の総合的影響評価と適応策に関する研究」において、地球温暖化の悪影響の側面を明らかにした結果、途上国における排出抑制に向けた努力の必要性に関する認識も高まった。資源・エネルギーの生産・廃棄等に係る施設・企業等に対する直接の改善努力とそれに対する支援も重要であるが、具体的な市民生活が行われている都市・住宅において、従来からの課題である安全・健康・快適の目標軸を保持しつつ、地球環境への配慮を加味した都市・住宅の将来像や生活のイメージを提案し社会普及していくことは十分可能であり、受け入れ可能な方法であると考えている。 2006年末から2007年前半にかけて、雨季が長引き、ジャカルタには未曾有の洪水が生じた。地球環境異変に関する社会的関心が高まる中、都市周辺の緑地の保全や、都市の無秩序な拡大に代わる、高層住宅1000棟建設計画の発表等、都市の将来像を巡る政策論議が俄に活発化している。 2. 研究目的 以上のような背景に基づいて、本研究においては、(1)住宅に関して、一豊富な木材や竹などの循環型資源と、それらを利用してきた伝統的建築技術の有効活用ー土壁など日本の在来技術に関する、適正技術としての移転可能性の検討ー廃棄物である籾殻を燃料に用いた煉瓦製造工程の再評価と、延焼や白蟻の害を受けやすい建物部位等への有効活用ー適切な換気と屋根構造等による、冷房に依存しない快適な熱帯気候への適応ー徐々に増加しつつある中高層集合住宅における、戸境壁の改良等による耐用年数の増大等を、提案的に設計し、単体当たりのライフサイクルでの排出量と快適性について、現在多く建設されている住宅との比較評価を行う。(2)都市空間に関して、①農村部からの人口移動に伴い、非計画的・自律的に形成された高密度な住宅地における、人力車や乗合バスを利用するライフスタイルを再評価しつつ、衛生環境面・防災面に配慮した、適切な水準設定に基づく計画的住宅地、②都心に近い公有地の不法占拠状態などに対処するための、中高層集合住宅地、③上記を含め、将来の人口増加に対応した都市の全体像を、従来の住宅需給や衛生環境の観点を踏まえつつ、排出量緩和の観点から提案すると共に、定量的に評価を行うことを目的とする。 以上を、旧建設省以来、住宅・都市対策で永年わたる協力関係を有するインドネシア政府の公共事業省、及び住宅・都市分野における同国唯一の国立研究機関である同省人間居住研究所の協力を得て、将来の東南アジア諸国への移転可能性を想定しつつ、類型の異なる複数大都市を対象として実施し、現地におけるワークショップを通じて制度面・社会文化面にも十分な吟味を行った上で、緩和効果に関する定量的裏付けを伴った、実現可能な提案書としてとりまとめることを達成目標とする。現在、ODAが精査され、途上国側からの要請主義が見直される中で、援助する側が、先進国の過去の反省に基づき途上国における都市・地域開発の長期的シナリオを提案することが求められている。			

3. 研究の内容・成果

三年間の研究全体の中では、以下のような年度別目標を立てた。

(第1年度) 排出量を比較評価するための原単位を、フィールド調査を中心に明らかにする

(第2年度) 排出量削減に向けた、提案型の都市・市街地・住宅のモデルを作成し評価する

(第3年度) 現地セミナー、ワークショップ等を通じ、社会・経済・文化・制度面の検討を加え、実現可能な提案としてとりまとめる

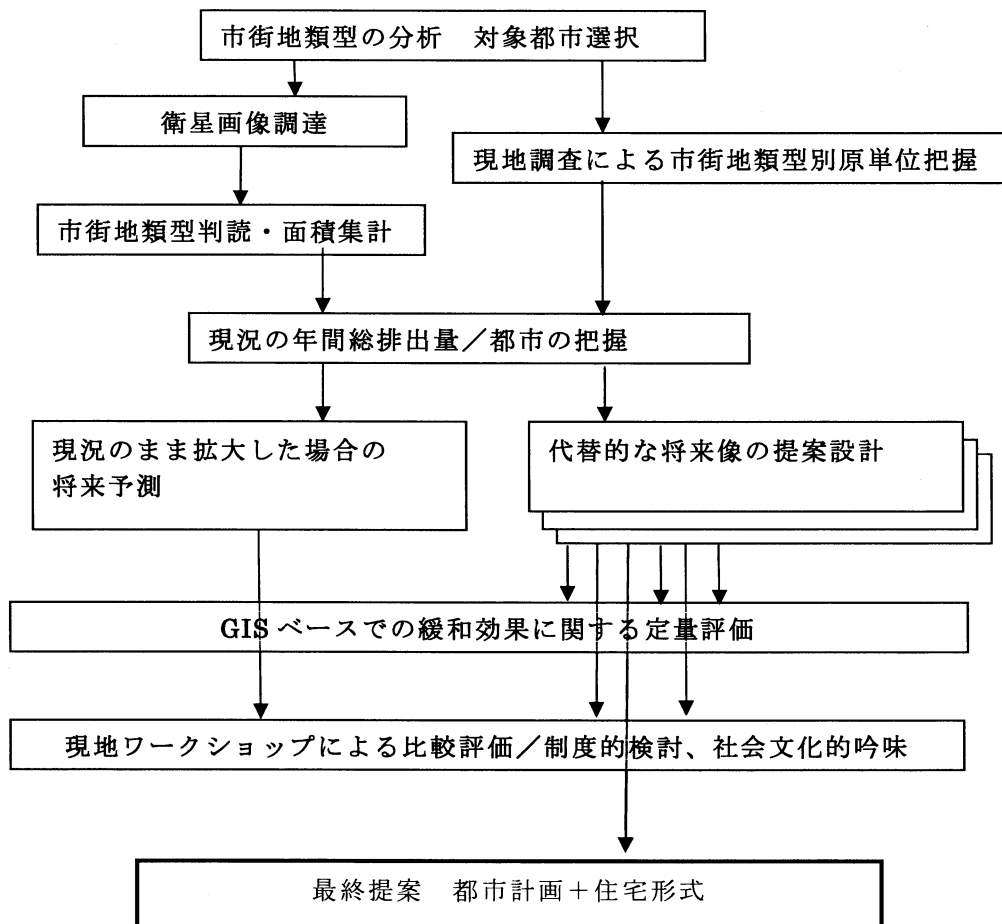


図1：調査対象都市

実態調査においては、7都市(図1)から13地区(表1)の計画的に開発された住宅団地を選択し、

約900棟に関して、当初・増築部分の建材使用状況、生計における燃料・電力の使用状況、及び移動における交通機関利用状況及び自家用車保有と燃料消費状況の把握を行った。

これらの団地の全ては、戸建て分譲住宅団地であり、低所得者に対する分譲価格を下げるために、当初小さな住宅を建て、入居者が必要に応じて増築を行うような設計となっていた。従って、床面積の増加状況を見ることにより、基本的な規模ニーズを把握することができ、将来像につながる、設計目標としての住宅の規模と、建材使用量を得ることができた。

主要な建築材料に関しては、工場等における生産過程、現場までの流通経路の調査を行った。これにより、簡略ながら、建築材料使用に伴うライフサイクル排出量を把握することができるようになった。この原単位は、計画案の評価に用いることができる。

家計における燃料（主に炊事用）は、所得に依存しないのに対して、電力使用量は所得に大きく相関している。このことは照明用電力や冷房の普及とも関係している。既に自家用車等においてはクーラーが普及していることから、所得の余裕に応じて、住宅にもクーラーが急速に普及することが考えられる。その場合、通風により快適な室内環境を実現する設計と、空調を前提として気密性・断熱性の高い室内環境を実現する設計では、基本的な方針が大きく異なる。気密性・断熱性の悪い住宅にクーラーが普及し、低い効率で大量の電力を消費する事態は不幸である。

自動車に関しては、自動車による個別のアクセスを前提とした道路幅員の団地（多くの場合）と、自動車によるアクセスは地区外周までとし、内部は歩行中心で計画されている団地（例えばバンドンのサリジャディ）が存在する。調査を行った時点では、ガソリン価格の上昇にも起因して、四輪車よりはむしろ自動二輪車が急速に普及しつつあり、大気汚染の主要な原因ともなる状況が成立していた。自家用車を保有しない場合、ミニバス（現地名：Angkutan Kota, 略称 ANKOT）が庶民の足となっている。地下鉄はまだ無く、鉄道も普及していない状況において、このような小回りのきく公共交通機関（将来的にはバッテリー駆動も可能）をうまく発展させていくことは、ガソリン消費を増大させない住宅都市形成の方向である。

調査から得られた都市別の世帯当たり排出量を、表2に示す

表1：実態調査対象団地

所在地	団地名
A.バンドン市	A1.公団サリジャディ団地
	A2.公団アンタパニ団地
B.チレボン市	B1.公団ハルジャムクティ団地
	B2.グリヤ・スニャラギ・プルメイ団地
C.スマラン市	C1.公団バニユマニク団地
	C2.プラモンガン・インダ団地
D.マラン市	D1.公団サウオジャジャール団地
E.マタラム市	E1.公団スウェタ・インダ団地
	E2.バグタン・プルメイ団地
F.マカッサル市	F1.公団バナクカン団地
	F2.プミ・タマランレア・プルメイ団地
G.バンジャルマシン市	G1.公団ブルントウン団地
	G2.HKSN 団地

表2：調査結果総括表(Kg-CO₂/世帯/年)

都市名	サンプル	光熱	交通	建築材料	合計
バンドン	200	2,390	1,455	108	3,868
チレボン	200	1,891	751	76	2,708
マカッサル	100	2,262	821	75	3,159
バンジャルマシン	100	2,120	1,322	61	3,502
スマラン	100	1,976	1,092	72	3,139
マタラム	100	1,870	1,223	99	3,192
マラン	100	2,087	1,179	85	3,350

インドネシアの住宅地には緑が豊富である。都市の緑地は森林と比較して小規模ではあっても、二酸化炭素吸収源であり、また日陰を増やし、エネルギーを消費することなく都市の環境を快適にしている。現在、都市の緑化を、都市計画の中で緑化空地（RTH）を定めることにより実現しようという議論が存在している。また、吸収に関しては、農林業系の研究所において、熱帯樹種の二酸化炭素吸収量に関する研究が急ピッチで進められつつあり、セミナーにおける議論でも関心が高い。建物が立体化・中高層化していく場合であっても、緑を取り込むような工夫が可能である。現地調査により、敷地内、沿道、公園等の樹種を把握し、空中写真により緑被率（樹冠の面積の割合）の計測を試みた。増築が進み、空地が非常に少なくなっている団地であっても、敷地内に樹木があれば、屋根の上に広がる樹冠の面積は一定の割合が確保されていることが判明した（10%程度）。

設計計画においては、沿岸都市で地形が平坦・低平であり、気温が高いチレボン市から選んだグヌン地区と、内陸都市で地形が起伏に富み気温が低いバンドン市から選んだサリジャディ地区に関して、それぞれ4案の代替的将来像を、現地建築家・都市計画家の協力を得て作成した。それぞれの計画案に関して、基本的コンセプト、地区全体の配置図、住宅単体の内部構成、及び排出量削減効果の定量評価のためのデータ（材料使用量、緑被量等）を示すとともに、設計計画内容に関しては、一般市民にも理解可能となる立体的な表示を行うために、3次元CADデータとして納品する条件で依頼した。

設計に先行して、近隣国であるシンガポール、マレーシア、タイにおける都市の温暖化対策に関する調査を行い、セミナー（第3回）を開催して基本的な設計理念を整理し、利用可能な技術等について検討した。この中で、計画対象地に関する地形などの条件確認と、現況の市街地状況等が確認された。しかし、地区が現在抱える具体的な問題に囚われ過ぎると、排出量という観点が相対的に低下する恐れが

あるため、直ちに事業化することを想定せず、実現年次を、遠い将来に置いた、あくまでもシミュレーションであるという条件で設計を行った。

設計対象となった2都市に関して、ALOS画像のステレオ解析による地形データの作成を行った。

設計案には、現状の地割を維持しつつ木造戸建て住宅を中心に市街地を維持していく案から、空間的に大きな再編成を行い、中高層化により地上の空地・緑地を確保していく案まで幅広い提案が代替的に示されている。

表3、表4に、作成された各計画案の概要を示す。また、図2以下に、いくつかの計画案を例示する。

表3：チレボン市グヌン地区の代替的計画案の概要

番号、設計者	コンセプト	配置	単体
1. Alief	高層+低層+空地	中央高層、周辺低層	メゾネット
2. HK	高層人工地盤	住宅地現状維持、沿道部分高層化	高層
3. Sisworo	一戸に一本の木	現状維持	二階建て
4. Dhika	区画整理	東西南北のグリッド	二階建て

表4：バンドン市・サリジャディ地区の提案的計画案

番号、設計者	コンセプト	配置	単体
1. Arvi	緑化空地の確保	クルドサク	メゾネット
2. HK	ウッドタウン	立体的形態既成、個別更新	木造戸建
3. Koko	一戸に一本の木	クルドサク	一部中層
4. Dhika	立体的緑化	再開発	中高層

最終セミナーを2007年3月に開催し、チレボン市の4案、及びバンドン市の4案に関して、それぞれ1日ずつを充てた。約50名の学識経験者、地元代表者、行政担当者、設計業者などを招いた。設計者によるプレゼンテーションに続いて質疑応答を行い、アンケートに評価結果を記入していただいた。学識経験者の間では、具体的な設計を検討する前に、クライテリアを明らかにすべきではないか、という意見も多かったが、一般市民に対しては、抽象的なクライテリアを提示するよりも、具体的な設計案の形を伴う提案が行われた方が、具体的な反応がある。

4. 考察—ワークショップにおける議論を踏まえて—

市民的体験のレベルでは、土と緑に触れあう戸建て住宅が環境に優しいと認識されるが、そのことが都市を水平方向に拡大することにつながり、都市全体として環境破壊につながると専門家が認識する点は日本と同様である。しかし、水害の頻発など、都市の拡大が生活の破壊につながる、という認識が近年市民レベルでも共有されつつある点は重視されて良い。集合住宅は、人口密度を維持しつつ、空地を確保する形である。殆ど全ての計画案は、緑や樹木を今以上に確保するような空間構成になっている。2階建てメゾネット、あるいは5階建てアパートを建設することにより、立体的な土地利用を図り、地上に生じた空地を緑化していこうという方向である。更に、建物の壁面、屋上などを緑化していこうという提案もあった。

日本側から、木造住宅の復活ないし新しい近代的な(みすぼらしくない)木造住宅の提案を試みたが、これに対しては賛否両論に分かれた。煉瓦造住宅は既にインドネシアの文化になったという極端な意見から、材木は高価という素朴な意見、植林が機能していない以上、木の利用は森林破壊につながる恐れがあるため、なるべく木材の利用を最小限に押さえるべきである、という考え方が多い一方で、林業の大学教授からは、住宅用木材や家具等の長寿命の木製品が炭素を固定するという意見が提示され、「世界の炭素循環」(ドイツで作成された資料)のコピーが配布された。現在、熱帯の森林や都市の樹木が二酸化炭素を固定する速度(バイオマスの成長速度)を実証的に研究しており、IPCCのデフォルト値である、2.9Ton-C/ha/yr(5.32Ton-CO₂/ha/yrに相当)よりも相当高い数値が得られつつある、その発表があった。成長が速い、アカシアやアルバシアなどが期待されているという。

衛星画像の解析により、これら原単位が判明すれば、都市の緑地による吸収量が積算できる環境が整いつつある。

これまで住宅政策の主流であった、戸建煉瓦造・ブロック造で入居者による増築を前提にしたような建物は、無秩序な増築による環境劣化(空地の消失)や、耐震性の低下など、限界が見え始めている。これに代わる新しい方向が模索されている最中である。折りしも、政府は、2月のジャカルタ洪水も大きな契機となって、社会政策の目玉として、50万戸の集合住宅を建設する計画を発表した。これ以上、郊外住宅地を水上方向に拡大すると、洪水の危険が高まるという認識がある。同時に、緑地を保全しなければならない、という課題もある。

しかし、具体化する中で、コスト制約だけが最優先され、狭い土地に無理に詰め込んだ団地計画になると、殺伐とした立体スラムの予備軍になる恐れがあり、また余りに建設を急ぐと、低質な工事の禍根を残すことにもなりかねない。

本研究においては、従来コスト中心に語られてきた途上国の住宅対策に対して、CO₂という別の尺度(評価方法などは限りなくコスト積算に近い)を適用した場合に、どのような設計案ができあがるか、

という試みを行なったことに意義がある。都市や住宅地に「木を植える」ことが、CO₂排出を尺度にすると、値引きを行なったことになるからである。

計画案（抄）

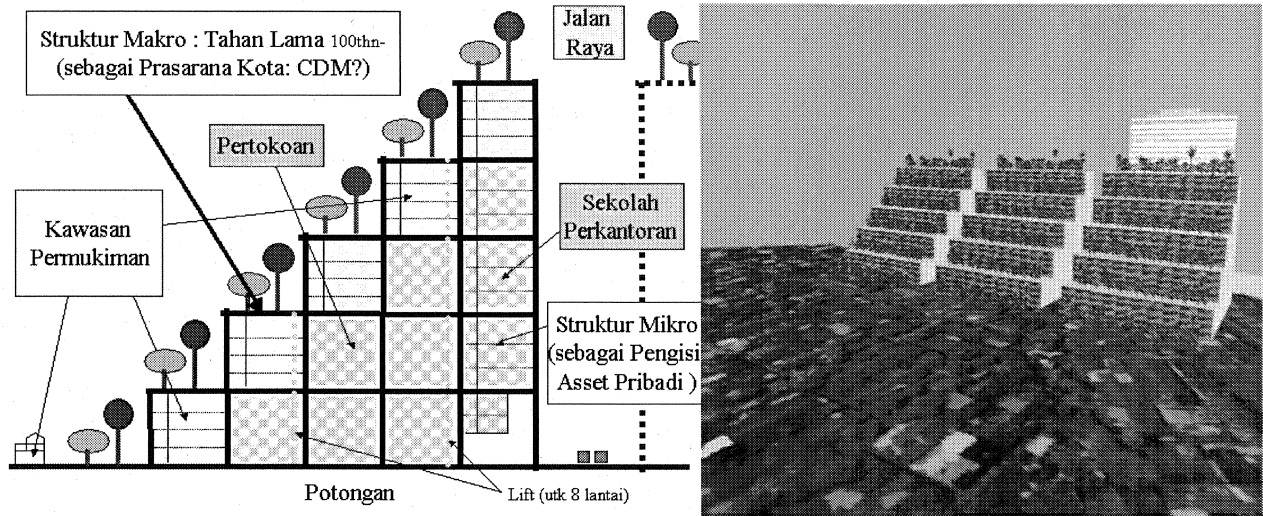


図 2 : チレボン市グヌン地区の代替案 2



図 3 : チレボン市グヌン地区の代替案 3

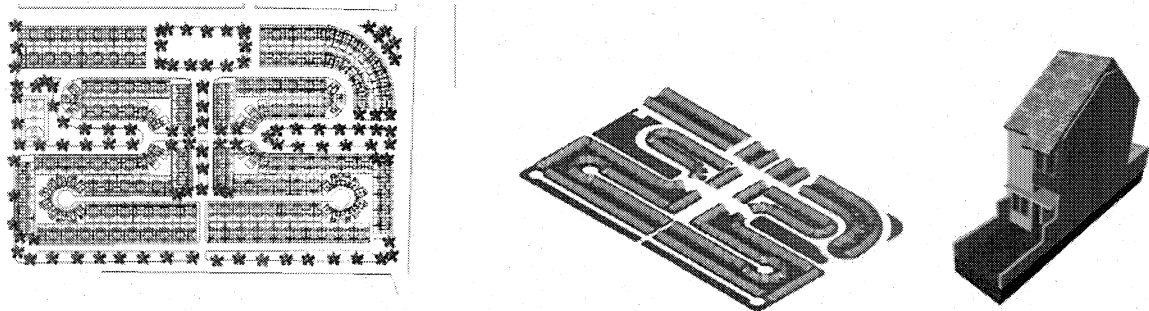
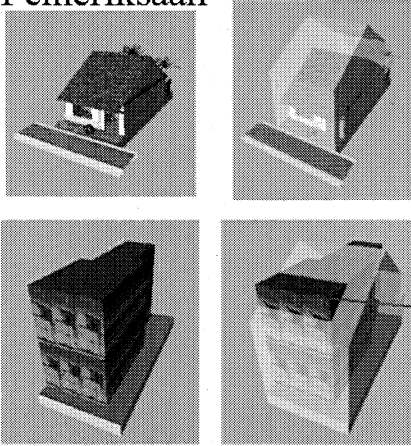


図 4 : バンドン市サリジャディ地区の代替案 1

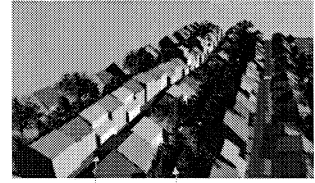
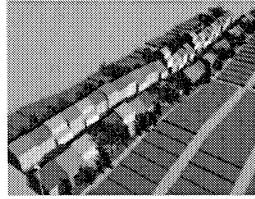
Pemeriksaan



OK

NG

Pemeriharaan lingkungan yang tidak perlu pasangan AC



gang

gang

Jalur RTH

Satu unit ruang RT

Lingkungan

図 5 : バンドン市サリジャディ地区の代替案 2

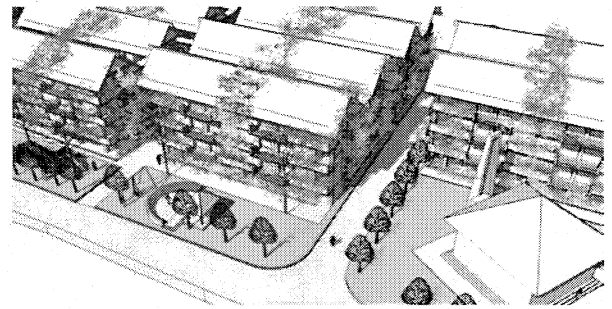
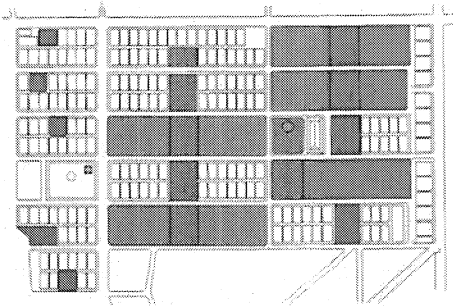


図 6 : バンドン市サリジャディ地区の代替案 4