

ニュータウン建設における二酸化炭素排出量の概略推計方法の検討

A STUDY ON LIFE CYCLE ASSESSMENT FOR PLANNING OF NEW TOWNS WITH LIMITED INFORMATION

伊藤武美^{*}、花木啓祐^{**}、本多博^{***}

Takemi ITO^{*}, Keisuke HANAKI^{**}, Hiroshi HONDA^{***}

ABSTRACT ; Life cycle assessment (LCA) is an effective tool to evaluate the environmental impact of urban infrastructure, and to choose the alternative with the least impact. Application of LCA in master planning phase of development of residential or resort area enables planners to choose environmentally benign alternative better than its application in implementation phase.

This study proposes a method of LCA in master planning phase in which detailed information for LCA is limited because details of plan is not yet determined. The proposed LCA was applied to projects of 7 new residential area development, 1 new complex area of residence and logistics, 2 resort area actually completed in Japan. The result of LCA serves a criterion to evaluate such a project in addition to cost and performance.

KEYWORDS ; life cycle assessment(LCA), urban planning, carbon dioxide (CO₂) emission, master planning phase

1.はじめに

近年の都市づくりにおいては、持続可能な開発の視点が重視されるようになり、事前に地球環境に及ぼす影響を把握し、対応することは重要となっている。前報^{1) 2)}では、特定のニュータウンを対象に、現実的に導入可能性があるCO₂排出抑制手法について、建設時および供用時のCO₂排出量の増減量を定量的に推計した。さらに、CO₂排出量の抑制可能量および費用対効果の関係から各方法の特徴を明らかにし、プランナーがニュータウン計画段階において対応可能な実践的なCO₂排出抑制方法を整理した。なお、ニュータウンの構成要素となる道路³⁾、下水道⁴⁾、地域冷暖房システム⁵⁾等を対象に、ライフサイクル評価の研究が行われている。

本研究では前報^{1) 2)}の結果を踏まえ、都市づくりの企画構想時点において作成・入手可能な情報のみから、都市のライフサイクルを通じたエネルギー・物質代謝面からの環境負荷を簡便に評価する手法を確立し、その適用可能性を検討することを目的とした。都市づくりの企画構想段階においては、詳細数量は未確定であるため、インベントリー分解の上位の大まかな項目の数量をもとに、都市のライフサイクル分析を可能にする手法の必要性は高い。土地利用計画などの面で比較的自由度の高い企画構想段階において、地球環境負荷を考慮した多様な代替案比較に活用できる意味で有意義である。なお、ライフサイクルのうち、供用時以降の部分は前報^{1) 2)}の手法で対応可能なため、本研究では検討対象を建設時のCO₂排出量に限定した。

2.都市を対象としたLCAの適用段階と内容

2.1 都市づくりの計画プロセス

都市づくりの一般的な計画プロセスにおいては、企画立案時点では様々な仮定条件の下で概略検討を行い、土地利用計画や事業見通しを含めた構想案を作成するものの不確実性は大きい。プロジェクトが基本設計、

*大成建設(株) 営業推進本部企画推進部 Planning and Sales Promotion Dept.,TAISEI CORPORATION

**東京大学先端科学技術研究センター Research Center for Advanced Science and Technology,University of Tokyo

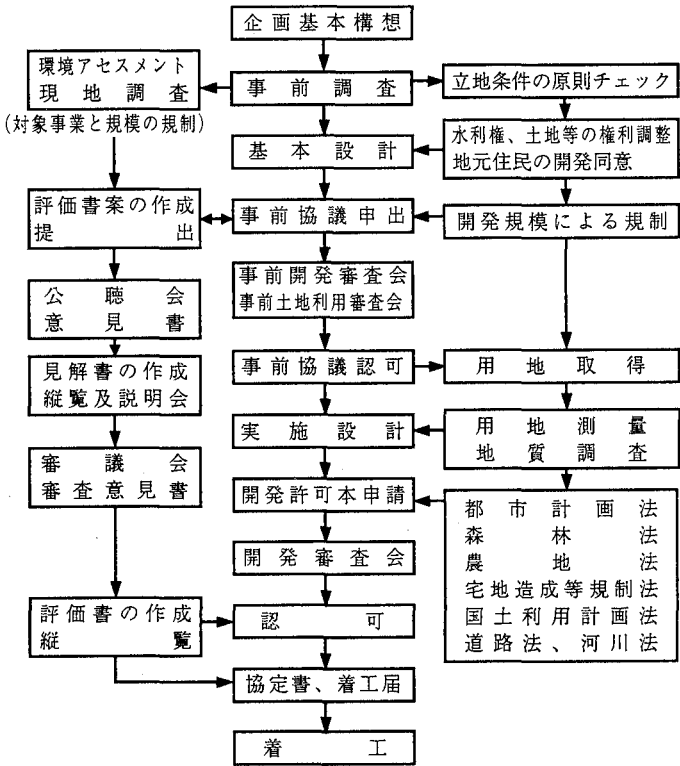
***大成建設(株) 開発本部計画部 Planning Dept.,Urban and Regional Development Div.,TAISEI CORPORATION

実施設計と進捗するに従い、各種調査や権利調整、測量、マーケティング等が行われて計画条件が確定していく。土地利用計画や事業計画の検討範囲は狭く深くなっていき、関係者の合意のもと実施設計図書、事業計画書が確定する。その過程で、必要に応じて環境影響評価（環境アセスメント）が実施されて、環境面への影響を判断する（図1参照）。したがって、都市を対象とするLCA（以下、都市LCAとする）は、その適用段階により検討範囲と内容が異なる。

2.2 実施設計段階におけるLCA

実施設計段階に都市LCAを適用する場合には、工事数量や供用後の都市活動にともなうエネルギー消費量等を詳細に計上可能なため推計結果の信頼性は高く、代替案を比較的確実に選択できる。例えば前報¹⁾²⁾において検討したPニュータウンではブロック擁壁の法面化、RC擁壁の法面化、歩道の舗装の変更、公園の仕様変更等がこの例である。これらのCO₂排出抑制量の推計には、実施設計の設計図書と見積資料が必要不可欠である。

ただし、実施設計段階で選択しうる代替案は計画諸元の根本的見直しにつながるものは除外され、造成工事の範囲内で同等の機能を有する方法、あるいは、建築・設備仕様面に対応可能な方法等に限定される。その際、費用低減と排出抑制が両立するものは選択されやすい。また、この詳細な検討から得られた知見を次の構想に反映させることが可能となる。



出典）大成建設（1988）：土地開発の手引き⁶⁾

図1 開発行為の流れ

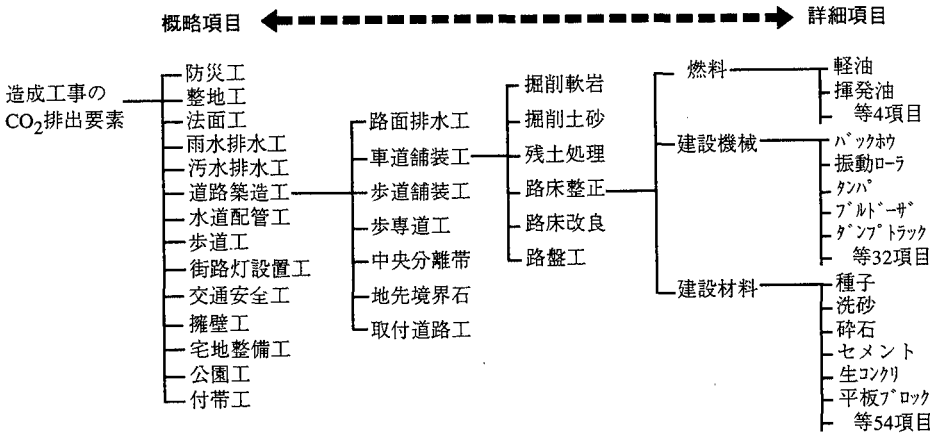


図2 造成工事におけるCO₂排出要素のインベントリー分解の例

2.3 構想段階における LCA

一方、構想段階では計画条件が不確定なため代替案の幅が広く、また計画方針・仕様の設定が以降の計画条件、設計条件となり、最終的な CO₂ 排出量等に影響する特徴がある。この特徴を考慮すると、都市 LCA は幅広い検討が可能な構想段階において代替案比較に活用することも有益である。例えばニュートンであれば、戸建住宅の代替として集合住宅を増大した高密度土地利用計画との比較や、通勤目的自動車の抑制を狙った職住近接策を導入した案との比較などが考えられる。構想段階では、詳細項目の数量は計上できないため、概略項目の数量から概略推計し、多様な代替案比較を行うことが適当と考えた（図2、図3参照）。

このように適用段階に応じて、本研究においては、前者を詳細 LCA、後者を概略 LCA と呼ぶ。

詳細 LCA：実施設計まで踏み込む場合は、インベントリー分解の下位の一位代価等の詳細情報を利用できるため、必要な部分はできるだけ細かく代替案比較の差が明らかになるように積み上げる。

概略 LCA：企画構想段階では大まかな数値しか得られないことが通常であり、その場合はインベントリー分解の上位の概略項目により、全体の傾向を把握する。

詳細 LCA の推計結果を計画数量等で割り戻すことにより、限定条件下ながら参考値、暫定値としての原単位を作成可能であり、以降の概略 LCA に役立てることができる。もちろん、両者の中間的な LCA も必要に応じて可能である。ところで、建設費積算は、構想段階では概略積算、実施設計段階では詳細積算というように事業段階に応じて適切な積算精度が用いられている。建設部分の CO₂ 排出量に関しては建設費積算体系と同様に扱うことが現実的と考えられる。

このような考え方により、従来は効用と費用のみで判断しがちだった代替案評価に、地球環境面から定量的な視点が加わることとなる。たとえば、住宅地計画の場合、従来は用地費、造成工事費、販売面積、販売価格等から主に事業採算性を判断する代替案比較に、CO₂ 排出量の評価を加えることが可能になる。

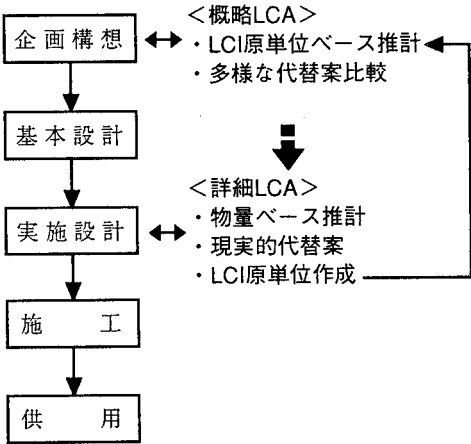


図3 事業進捗とLCAの内容

表1 主な工種別単位量当たり CO₂ 排出量^{1) 2)}

工 種	単位	CO ₂ 排出量 (kg-C)	備 考
整地工	土工量	m ³	1.3
	面積	m ²	
			伐開、リブニング、残土処理含む
法面工		m ²	3.3
			整正、保護、排水施設含む
擁壁工	ブロック積	m ³	41.7
	RC	m ³	250.1
			H=0.6m、基礎含む
			H=3m、基礎含む
道路工	住区幹線	m	405.1
	補助幹線	m	238.9
	区画道路	m	86.7
	歩行者専用	m	271.2
			W=25m、車道11m、歩道平板ブロック
			W=12m、車道6m、歩道アスコン+平板
			W=6m
			W=10m、平板ブロック
雨水排水工	φ 250	m	42.9
	φ 700	m	78.1
	φ 2000	m	390.9
			人孔、管清掃、水替え含む
汚水排水工	φ 250	m	54.1
			人孔、宅内排水含む
水道配管工	φ 100-400		32.6
街路灯設置工	灯	1,123	配管、ケーブル、分電盤含む
ゴミ集積所工	箇所	2,720	インターロッキング仕上げ
公園工	地区公園	m ²	5.8
	街区公園	m ²	8.8

3.概略LCAの適用によるニュータウン造成工事におけるCO₂排出量の推計

3.1 目的

本研究においては、土地利用計画の企画立案時点で入手・作成可能な情報のみからCO₂排出量を試算し、各ニュータウンの特徴が反映される程度を把握し、その適用可能性を確認することを目的とした。本来は、建設時と供用時以降を通して推計することでライフサイクルとなるが、供用時等は計画フレームから比較的簡易に推計できるため、ここでは造成工事時のみを対象とした。

3.2 推計方法

ニュータウンの企画立案段階では、通常、土地利用計画図および造成計画平面図等を縮尺 1/2,500～1/5,000 程度で作成し、検討対象、たたき台とする。この計画原案をもとに、各種条件を変化させて段階的に最適な計画案を作成する。計画原案から把握可能な概略数量は、宅地等の土地利用面積、道路延長、擁壁延長、造成土量等の主な数量に限定される。本研究では竣工後のニュータウンの概略工種別数量に、Pニュータウンを対象とした既報^{1) 2)}で算出した造成工事の工種別概略CO₂原単位(表1参照)を乗ずることにより、造成時のCO₂排出量を算出した

防災工事と付帯工事は、調整池や周辺道路等の個別事情によるため、本来は別途計上するべきだが、ここでは、開発面積当たり負荷はPニュータウンと同等と仮定した。整地等に関しては土質や運土距離により建設機械の機種や歩掛りは異なり、道路・擁壁等は材質のグレード、仕上げ程度により差があることは自明だが、材料別や建設機械運転時間などの数量や歩掛を簡易に把握できないため、Pニュータウンと同程度と想定した。そのほか、数量が明示されていない項目はPニュータウンを参考に換算、設定した。

3.3 分析対象ニュータウンの概要

まず、大成建設(株)の竣工工事管理システムから、「造成工事」「工事金額10億円以上」の条件でシステム検索した。検索結果の工事概要書から、内容が住宅主体であること、必要な工事数量が把握可能なことを条件に、マニュアルにて選別し、前報^{1) 2)}のPニュータウンの他に10箇所のニュータウンを選定した。選定したニュータウンは、住宅主体型7箇所、別荘地主体のリゾート型2箇所(7.リゾートパークI、10.Hリゾートタウン)、流通団地と住宅地の複合型1箇所(11.TI団地)で、面積は14.5～107.1haとなっている(表2参照)。

表2 対象ニュータウンの数量表

項目	単位	1.Pニュータウン	2.NKM 団地	3.MT 団地	4.KY 宅地	5.NKK 団地	6.MK区 画整理	7.リゾート パークI	8.P4ニュー タウン	9.S区画 画整理	10.Hリゾ ートタウン	11.TI 団地
計画人口	人	9,600	2,900	1,380	1,838	2,980		696	9,028		1,444	512
計画戸数	戸	2,400	717	345	497	389		174	2,257		361	128
開発面積	ha	162	27	21	18	18	18.5	37	107.1	14.5	96.6	26.9
防災工	m ²	1,620,000	270,000	210,412	178,800	181,050	185,000	370,000	1,071,000	145,000	966,000	269,000
整地工	m ²	7,188,564	704,000		145,000	368,000	183,680	27,600	3,624,000	78,000	375,520	830,000
法面工	m ²			90,860								
ブロック擁壁	m ²	133,576		64,326				12,340	105,100		123,425	58,100
RC擁壁	m ²		13,650	7,877	29,400	4,000	26,100			16,384		9,270
※擁壁 平均	m ²	53,951	2,150			900	682			230		1,190
住区幹線 (W=25)	m											
準幹線 (W=12)	m				583		463					
区画道路 (W=6)	m				4,314		4,265				17,444	
歩道 (W=3)	m				696							
※道路 W=6～25	m	285,970	37,000	39,977		34,600		14,300	200,400	26,577		8,910
雨水排水工 φ=250	m				7,950	3,450	1,290			4,421		705
雨水排水工 φ=700	m				2,650	1,150	430			1,474		235
雨水排水工 φ=2000	m											
※雨水排水工 φ250～φ2500	m	25,210	7,527	2,893				1,290	20,300		7,140	
汚水排水工 φ=250	m		6,500	4,179		4,100	5,034	2,990	18,900		6,808	
※汚水排水工 平均	m	23,450										
水道配管 φ=100-400	m			1,530				8,610				
※水道配管 φ100-500	m	34,190	5,698		3,799	3,820	3,904		22,603	3,060	20,387	5,677
街路灯設置工	灯	321		46	66	52	37	99	302	29	48	17
交通安全施設	戸	2,400	717	345	497	389	274	174	2,257	215	361	128
ゴミ集積所工	ヶ所	133	12	9	8	7	5	3	39	4	6	2
付帯工事	m ²	1,620,000	270,000	210,412	178,800	181,050	185,000	370,000	1,071,000	145,000	966,000	269,000
地区公園	m ²	75,570							15,000			
街区公園	m ²	27,239	34,641	4,631	5,364	5,837	5,550	11,100	17,130	4,350		8,070
※公園 平均	m ²											

3.4 推計結果

(1) 開発面積当たり CO₂ 排出量

造成工事に伴う開発面積当たり CO₂ 排出量の推計結果は、住宅主体型ニュータウンでは 140～193ton-C/ha、別荘地は 50～65ton-C/ha、流通団地複合型ニュータウンは 113ton-C/ha となった（図 4 参照）。

別荘地は地形を活かして必ずしも平坦には造成せず、擁壁等の構造物は少なく、道路密度も低いことから CO₂ 排出量が小さいことは妥当と解釈できる。また、流通団地複合型は区画が大きく、道路面積が小さいためと考えられる。

住宅主体型ニュータウンの工種毎明細では、整地工、法面工、擁壁工等に差が大きい。その他の工種は個別には差はあるものの、全体から見ると影響は少ない。これは、この上位 3 工種は原地形の制約を大きく受けるためと解釈できる。また、擁壁を用いるかどうかは、地価や土地柄によることが多い。

P ニュータウンでは、造成工事全体の CO₂ 排出量のうち、整地工が 35.2%、道路工が 13.8%、擁壁工が 9.8% であった。このうち、整地工と擁壁工は地形条件に影響される。一方、道路工は、平均区画面積により道路配置がおおよそ決まるため大きな差が生じなかったと考えられる。ただし、この概略試算では P ニュータウンと同様の仕様を想定したため、現実的には各ニュータウンの立地特性に応じた仕様次第で差が生じる余地がある。

ニュータウン面積と造成工事 CO₂ 排出量の関係は、相関係数 $R^2=0.863$ とほぼ線形の相関が見られた（図 5 参照）。これから、開発面積が定まれば、ほぼ、CO₂ 排出量も定まるとも解釈できる。しかし、一つ一つの事例を見ると、たとえば開発面積 18～27ha と同規模のニュータウンの場合でも 140～193ton-C/ha と幅がある。原地形等の個別事情の影響程度は定かでないが、30%の差異は、代替案の比較の中では抑制意義があると判断できる。

(2) 計画人口当たり CO₂ 排出量

造成工事に伴う計画人口当たり CO₂ 排出量の推計結果は、住宅主体型ニュータウンでは 0.9～2.8ton-C/ha、別荘地は 2.6～4.4ton-C/ha、流通団地複合型ニュータウンは 5.9ton-C/ha となった（図 6 参照）。別荘地は開発面積当たり造成量は小さいものの一人当たり面積が大きいこと、結果として一人当たり CO₂ 排出量が大きいことは妥当と解釈できる。また、流通団地複合型は CO₂ 排出量は流通部分も含めた全体で推計しながら、計画人口は住宅地部分しか相当しないため一人当たり CO₂ 排出量が大きいと考えられる。一人当たり CO₂ 排出量を厳密に推計するためには住宅地部分の CO₂ 排出量を

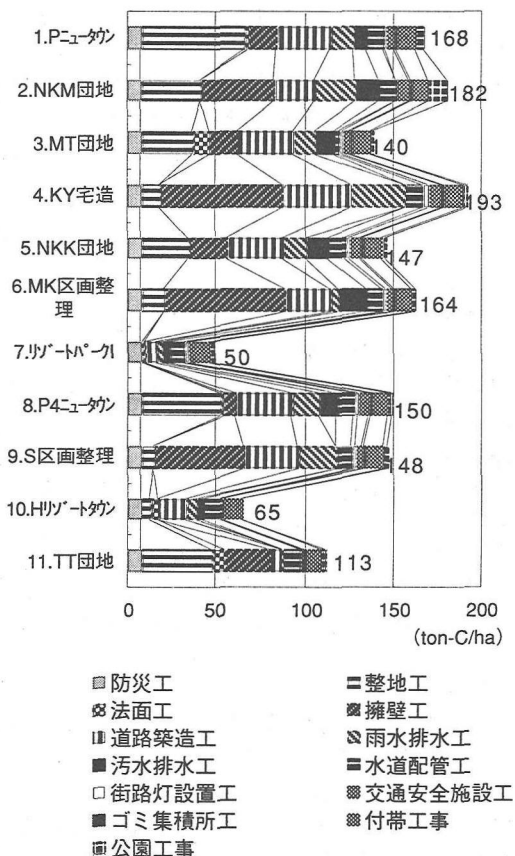


図 4 各ニュータウンの面積当たり CO₂ 排出量

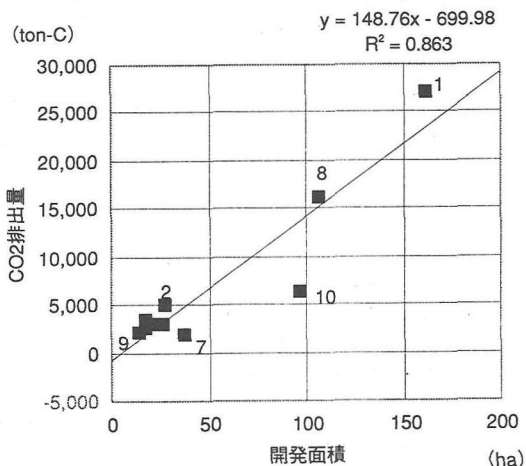


図 5 開発面積と CO₂ 排出量

推計する必要があるが、一体的に造成するため割り振りは現実的には難しい。住宅主体型ニュータウンは1人当たりCO₂排出量の値の幅が面積当たりCO₂排出量と比較して大きい、これは今回の推計では造成部分のみを対象とし、戸建住宅や集合住宅等の建築部分を考慮していないためと考えられる。すなわち、集合住宅の割合の大きいものは相対的に造成量が少ないためと考えられる。

(3)開発面積当たりCO₂排出量と計画人口当たりCO₂排出量の関係

別荘地は開発面積当たりCO₂排出量は小さく、計画人口当たりCO₂排出量は大きい。流通団地複合型ニュータウンは、開発面積当たりCO₂排出量は中位で、計画人口当たりCO₂排出量は大きい。住宅主体型ニュータウンは、開発面積当たりCO₂排出量は大きく、計画人口当たりCO₂排出量は比較的小さい(図7参照)。概略LCAによりこれらの特徴を把握することが出来た。

住宅主体型ニュータウンは、戸建住宅と集合住宅、その他施設の割合により開発面積当たりCO₂排出量および計画人口当たりCO₂排出量に差異が生じていると考えられる。

4.まとめ

概略LCAにより構想段階で得られる限られた情報からニュータウン毎の特徴が表れる程度のCO₂排出量の推計は可能な事が明らかになった。ただし本研究では、竣工ニュータウン事例を対象としたため、計画上必要な道路仕様等の情報が入手できなかった。実際の企画立案ではそのような情報も反映できると見込まれる。

また、多数の都市LCA事例を蓄えることで、CO₂排出量の大小の相対比較、個別要件による事情等も加味した上での対応方策、あるいは、指導方針がわかると考えられる。たとえば、適地選定、材料選択等の際に概略LCAは活用できる。

今後の検討課題として、概略LCAの試算対象とした各ニュータウンについて、Pニュータウンと同程度に詳細にCO₂排出量推計を行うことが挙げられる。この事により、概略LCAの推計精度、誤差を把握する事が可能になると期待される。

参考文献

- 1) 伊藤武美・花木啓祐・本多博(1996):二酸化炭素排出抑制技術・システムのニュータウン建設への適用,環境システム研究,Vol.24,p250-259.
- 2) 伊藤武美・花木啓祐・本多博(1996):公園建設にともなう二酸化炭素排出量に関する研究,第4回地球環境シンポジウム講演集,p63-68.
- 3) 加藤博和・林良嗣・登秀樹(1996):道路構造代替案の地球環境負荷に関するライフサイクル的評価手法,環境システム研究,Vol.24,p282-293.
- 4) 井村秀文・森下兼年・池田秀昭・銭谷賢治・楠田哲也(1995):下水道システムのライフサイクルアセスメントに関する研究 LCEを指標としたケーススタディ,環境システム研究,Vol.23,p142-149.
- 5) 汐崎剛・森口祐一(1996):地域特性を考慮した地域冷暖房システムのライフサイクル分析,環境システム研究,Vol.24,p260-271.
- 6) 大成建設(1988):土地開発の手引き,p1.

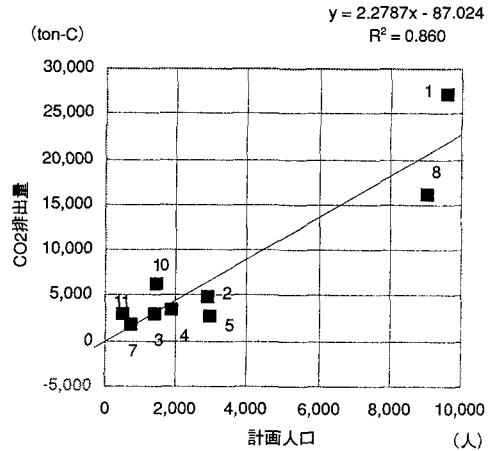


図6 計画人口とCO₂排出量

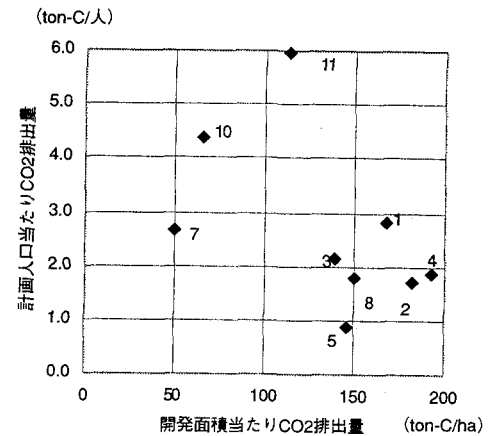


図7 面積当たりCO₂排出量と人口当たりCO₂排出量