

ニュータウン建設にともなう二酸化炭素排出量に関する研究
AN ESTIMATION OF CARBON DIOXIDE EMISSION FROM CONSTRUCTION OF NEW TOWNS

伊藤武美*、花木啓祐*、谷口孚幸**、有浦幸隆**
Takemi Ito*, Keisuke Hanaki*, Takayuki Taniguchi**, Yukitaka Ariura**

ABSTRACT ; It was attempted to use life cycle assessment (LCA) to evaluate environmental impacts of an actual new habitation district, having a population of 9,600 and an area of 162 hectares. Carbon dioxide (CO₂) emission was chosen as a global environmental impact indicator. CO₂ emission from land construction works of the district was estimated as 22 thousand ton-C by using combination of the input-output table method and the piling up method. CO₂ emission from material accounted for nearly 60% of the total CO₂ emission from the land construction works. Cement, concrete brick, and fresh concrete were major contributors to this fraction. CO₂ emission from building works was estimated as 44 thousand ton-C. Total CO₂ emission in the construction stage was estimated as 66 thousand ton-C. Annual CO₂ emission in the operating stage was estimated as 6 thousand ton-C. With photovoltaic (PV) energy system, CO₂ emission in the construction stage and operating stage will be reduced by 5% assuming 15-year period of use. In order to reduce CO₂ emission from the urban district, it is important to include other urban activities, and to estimate CO₂ emission from each cement product by the piling up method.

KEYWORDS ; life cycle assessment, urban life cycle, urban developing planning, carbon dioxide emission, land construction

1.はじめに

近年の地球環境問題の高まりの中で、「持続可能な開発 (Sustainable Development)」の視点が1992年6月の国連環境開発会議で合意された。その後、環境基本法、地球温暖化防止計画、環境政策大綱、気候変動枠組み条約等が成立し、地方自治体においてもローカルアジェンダ等の取組が始められている状況の下、都市づくりにおいても事前に地球環境に及ぼす影響を把握することは重要なものになっている。

筆者らは都市づくりの新たな概念では、①都市域内での構成要素の調和・充実を図ること②都市域外に対してエネルギー・物質代謝に関する負荷を軽減することの2点が重要と捉え^{1) 2)}、特に、後者については都市の建設・運用・解体等のライフサイクルを通じた長期的かつ都市スケールでの評価を重視している³⁾。また、近年、都市・建築等をライフサイクルで評価すること (LCA) に関して多様な研究が発表されている。

^{5) -9)} 都市の中でも、ニュータウン・区画整理等の新たな宅地は全国で年間1万ha強供給されており⁴⁾、従前の自然的な土地利用を大きく変化させる一方で、比較的マスタープランを実現しやすいという特徴を有することから、そのエネルギー・物質代謝構造の検討は有意義と考えた。

本研究では、地球環境負荷因子の一つとして二酸化炭素 (CO₂) を選定し、多様な工種の組み合わせからなるPニュータウン造成工事を対象に、まずCO₂排出量について産業連関表と個別積み上げを組み合わせた手法により推計し、排出要因を把握した。次に、建築工事と運用段階を含めた都市システム全体のCO₂排出構造における造成工事部分の影響の程度を検討した。これらをもとに、計画段階での都市のライフサイクル評価 (LCA) の考え方を考察した。

*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

2.分析手法

2.1 分析方式の分類

財やシステムの波及効果を含めたエネルギー消費量や環境負荷の分析方式には、大きく分けて①産業連関表方式、②個別積み上げ方式、③組み合わせ方式の3種類がある。①産業連関表方式は、産業連関表の逆行列表等を用いてある産業の最終需要額から究極的に誘発される生産額を求め、エネルギー消費量や環境負荷量等を求める方式である^{5) 6)}。この方式では、直接的に生産活動等にかかわるエネルギー消費量や環境負荷量と共に、間接的に消費あるいは排出されるエネルギー・環境負荷量を漏れなく推計・評価することが可能であり、統合的な方式といえる。しかし、産業連関表の作成に際して産業構造や生産活動が単純化・平均化されているために推計結果は粗いものとなる。②個別積み上げ方式は、財やシステムを構成要素に分類し、財の素材・加工・組立の各段階で直接消費されるエネルギー量・資源量をできる限り遡って積み上げていく方式である⁷⁾。この方式では、詳細な部門区分が可能であり、製品ライフサイクルアセスメント (P.LCA) で利用されている。③組み合わせ方式は、個別積み上げ方式的な区分後に、産業連関表から求めたエネルギー集約度等を利用する方式等である^{8) 9)}。特に、都市のエネルギー・物質代謝構造のようなシステム性のある対象の場合に利用できる。

道路、上下水道等の都市インフラを含めたニュータウン造成工事からのCO₂排出量は、①産業連関表方式による分析がされているが^{5) 6)}、産業連関表の408部門や建設部門分析用産業連関表の土木事業31部門等では、工種毎の差異はわかっていても材料の使い方等の内容までは把握が不可能である。そのため、具体的な場所におけるニュータウン計画案を評価し、代替案の採用などの改善を行うためには更にきめ細かな分析が必要と判断した。

2.2 適用した分析方式と推計手順

都市インフラを含めたニュータウン造成工事からのCO₂排出量推計方法は、推計結果の計画作業への反映可能性と作業ボリュームを勘案した結果、本研究では、③組み合わせ方式を選定し、具体的な推計手順は次のとおりとした(図1参照)。

- 1) 造成工事の実施予算書から、防災工事、整地工事、法面工事、雨水排水工事、道路築造工事等の工種毎に労務費、材料費(砕石、生コン、ヒューム管等)、機械損料(バックホウ、ブルドーザー、トラック等)、燃料費(軽油、ガソリン等)、間接工事費等に区分する。
- 2) 区分した各項目を昭和60年産業連関表の基本分類部門に対応させる。
- 3) 実施予算書の金額は購入者価格基準であるため、産業連関表産出表(財貨関係部門)を用いて、生産者価格、商業マージン(卸売、小売)、国内貨物運賃(鉄道、道路、倉庫等)に全国平均で比例配分する。
- 4) 配分後の生産者価格等を卸売物価指数(建設用材料)¹⁰⁾のデフレータにより、昭和60年価格に補正する。
- 5) 産業連関表による競争輸入型逆行行列から求められた連関表基本分類部門毎の生産額当たり平均誘発CO₂排出量(CO₂排出強度)を4)に乗じて、CO₂排出量を推計する。本研究では、CO₂排出強度に省資源・省エネルギー型国土建設技術に関する調査建築委員会が昭和60年度産業連関表より算定した値¹¹⁾を引用した(表1参照)。

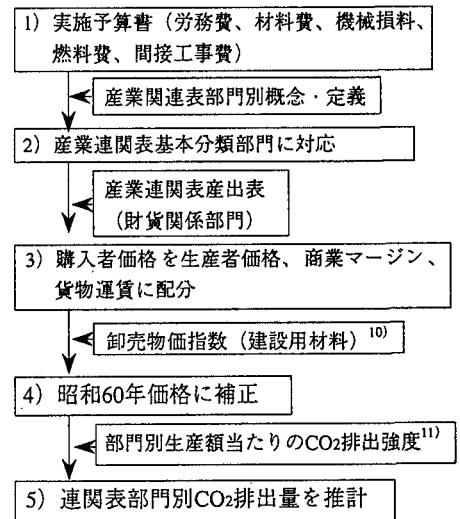


図1 CO₂排出量推計フロー

表1 主なCO₂排出強度¹¹⁾

kg-CO ₂ /百万円					
コード	部門名称	CO ₂ 排出強度	コード	部門名称	CO ₂ 排出強度
211104	軽油	9824	262101	熱間圧延鋼材	4512
212102	舗装材料	1107	263102	鋳鉄管	3591
221101	プラスチック製品	927	302101	鉋山・土木建設機械	886
252101	セメント	20843	352101	トラック・バスその他	811
252201	生コンクリート	5177	611101	卸売	304
252301	セメント製品	4174	712201	道路貨物輸送	1028

※燃焼及び石灰石起因分を含む。昭和60年産業連関表より算定

CO₂排出量推計に際しては、金額により計上する方法よりも、物量により計上する方が、物価変動や人件費、個別の契約事情の影響を軽減できる長所が考えられる。たしかに碎石、セメント等の1次素材は金額当たりCO₂排出強度を連関表の物量表を用いて物量当たりのCO₂排出強度に換算することで簡単に対応できるが、連関表基本分類部門の範囲幅が広いため加工度や品種、品質等を加味した対応が困難であり、また実施予算書では適当な物量表現がされていない見積項目も多いことから、本研究では金額に統一して検討した。また、マージン、年次等を補正後の金額を最終需要額とし、逆行列表を用いて究極的な資源量を求めてCO₂排出量を推計する方法もあるが、本研究では実施予算書の項目毎のCO₂排出量を把握できることがニュータウンの計画へのフィードバックに不可欠と考えた。

3.Pニュータウン造成工事によるCO₂排出量の推計

3.1 Pニュータウンの概要

本研究ではCO₂排出量の推計対象として、宮城県において施工中のPニュータウンを選定した。これは、まとまった人口規模で、トンネル・橋梁等の特殊工種を必要としない標準的な丘陵地形・地質を有する地区における計画であり、また、平成2年の森林法許可基準改正後の計画である等の特徴から、他のニュータウン計画への援用可能性が大きいと考えたためである。以下に、概要を示す。

(表2、図2参照)

- ・計画面積：約162ha
- ・計画人口：約9,600人
- ・計画戸数：戸建住宅約1,400戸
集合住宅約1,000戸
- ・地形：比高差約70mの東南傾斜の丘陵地
- ・地質：腐植土層、砂質土層、凝灰岩、砂岩
- ・土工量：約7,000,000m³
- ・上水道：市営水道から受水
- ・下水処理：公共下水道へ接続
- ・工事期間：平成6年1月-平成10年6月
- ・延床面積：未確定のため、周囲の事例等を参考に用地面積から仮定

表2 主要土地利用計画面積及び規模想定

土地利用	用地面積	延床面積	備考
戸建住宅用地	46.5 ha	14.9 ha	110 m ² /戸と想定
集合住宅用地	10.4 ha	8.9 ha	85 m ² /戸と想定
業務施設用地	16.7 ha	5.5 ha	計画案から想定
商業施設用地	12.0 ha	2.1 ha	〃
業務施設用地		2.0 ha	〃
小学校用地等	3.9 ha	0.9 ha	〃
道路	28.6 ha	—	
公園緑地等	29.8 ha	—	
その他	13.6 ha	—	
合計	161.5 ha	34.3 ha	

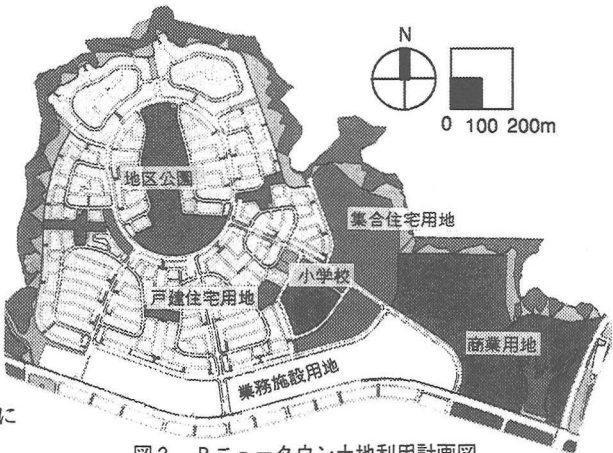


図2 Pニュータウン土地利用計画図

3.2 造成工事からのCO₂排出量推計結果

前述の推計手順により、Pニュータウン造成工事からのCO₂排出量を推計すると表3のようになり、合計値は約22.4千ton-Cとなった。これは工事金額当りに換算すると1.07ton-C/百万円、面積当りに換算すると13.9kg-C/m²に相当する。造成工事金額当りCO₂排出量は、産業連関表方式の推計である片脇による1.62ton-C/百万円⁵⁾と比べて、小さめであるがPニュータウンの規模や緑地率が全国平均よりもかなり大きいことから妥当と判断した。

項目毎のCO₂排出量を見ると、材料による部分が59.4%と大きいことがわかる。次いで、燃料による部分が18.9%と続く。これは、造成工事の特徴で、ブルドーザー等の建設重機が動き回るためと考えられる。燃料は、金額では2%程度と小さいが、燃焼も含めたCO₂排出強度が大きいため、CO₂排出量は大きくになっている(図3参照)。

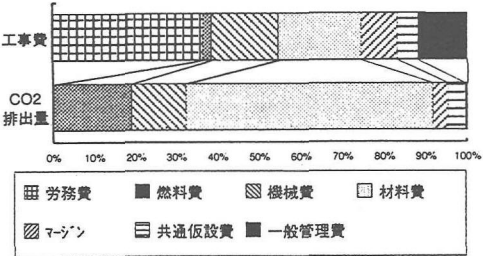


図3 項目別工事費及びCO₂排出量割合

表 3 CO₂ 排出量 明細 (集約)

[illegible]

材料のうちCO₂排出量の大きなものは、平板ブロック・石積ブロック等(29%)、セメント(13%)、生コン(11%)、ヒューム管・カルバート等(9%)、铸铁管(7%)、U型側溝・枠(6%)、アスファルト混合物(3%)等となっている(図4参照)。これは、造成工事の中でセメントあるいはセメント製品の使用量が相対的に大きく、かつ、CO₂排出強度が大きいためと考えられる。

次に、工種毎のCO₂排出量を見ると、整地工事が26%を占める(図5参照)。この工種は造成工事の一つの典型で材料をほとんど使用せずに重機運用を主体とし、それに伴う軽油消費によるCO₂排出量が大きいと解釈できる。次いで、道路築造工事、擁壁工事、雨水排水工事、歩道工事、水道配管工事等が大きい。これらは、CO₂排出強度の大きな材料を大量に使用する工種であるためと考えられる。

CO₂排出量明細(表3)により、CO₂排出量の大きな平板ブロック・石積ブロック等を多く使用している工種を見ると、歩道工事(L34欄)と擁壁工事(O34欄)であることがわかり、これらの工種におけるセメント製品の使用量削減が重要なことが明らかになった。

さらに、主要工種の単位数量当たりのCO₂排出量を求めたところ、擁壁工事が法面工事に比べて大きく、歩道工事が車道工事に比べて大きいことが比較できた。(表4参照)

これらのことから、ニュータウン造成工事にとまなうCO₂排出量を軽減するためには、平板ブロック・石積ブロック、セメント、生コン等のセメント製品の使用量を削減することが重要とわかった。具体的な対策としては、例えば、自然地形を活かした造成計画により擁壁等の構造物の削減が挙げられる。法面と擁壁を比較すると、単位面積当たりCO₂排出量が法面の方がかなり小さいため、地形的に可能などころは法面にすることがCO₂排出量軽減に有効であり、あわせて法面緑化によるアメニティ向上の効果も期待できる。従前は、工事費が高くて、分譲面積の増大が図れる擁壁を事業性向上等の判断から採用する場合がややもすると多かったが、今後はCO₂排出量の面からの判断も加えられることが必要とされよう。

広幅員歩道では植栽空間を大きく確保し非舗装面積を拡大することで、CO₂排出の軽減が見込まれるため、歩行者専用道路等はアメニティ面とCO₂排出量面に配慮した計画が重要となる。また、下水汚泥や焼却灰を用いた舗装ブロックは、CO₂排出強度が小さければ、歩道舗装用平板ブロック等の代替材料となる可能性がある。

逆に、幹線道路の地下化等の土木構造物の設置は、高排出強度の材料を用いることからCO₂排出量が大きくなることが予想されるが、一方でアメニティ面の向上の効果があり、総合的判断に基づいて対応する必要があると考える。

実際のニュータウンにおいてのCO₂排出量推計を通じて工種・材料毎の寄与の程度や細かく検討すべき部分が把握できた。セメント製品の影響が大きいことがわかったが、産業連関表基本分類部門の制約により、多種のセメント製品に同じCO₂排出強度を引用しているため、推計誤差が大きい可能性もあり、今後、材料種類毎のCO₂排出量を個別積み上げ法等により把握する必要性が明らかになった。

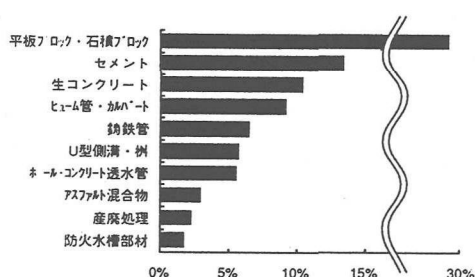


図4 CO₂排出量の多い材料

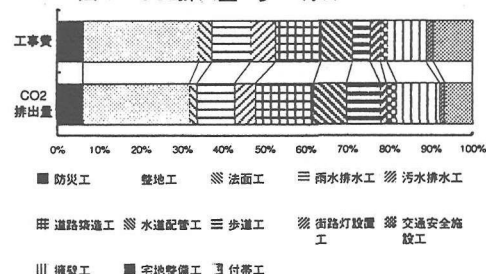


図5 工種別工事費及びCO₂排出量割合

表4 主要工種別単位当たりCO₂排出量推計結果

工種	単位	CO ₂ 排出量 kg-C	備考
整地工	m ³	1.0	伐開、リブニング、残土処理含む
	m ²	5.0	
法面工	m ²	3.0	整正、保護、排水施設含む
擁壁工	ブロック積み	37	H=0.6m、基礎含む
	R C	61	
道路工	住区幹線道路	360	w=25m、車道11m 歩道平板ブロック
	準幹線道路	214	w=12m、車道6m 歩道7スコン+平板
	区画道路	75	w=6m
	歩行者専用道路	266	w=10m、 平板ブロック舗装
雨水排水工	φ250	39	人孔、管清掃、水替含む
	φ700	79	
	φ2000	384	
汚水排水工	φ250	50	人孔、宅内汚水掛含む
水道配管工	φ100-400	63	
街路灯設置工	灯	969	配管、ケーブル、分電盤含む
ゴミ集積所工	ヶ所	1078	インターロッキング仕上げ

4.Pニュータウンの建設・運用を通じた評価

4.1 建築工事からのCO₂排出量の推計

ニュータウンは主に造成部分（道路、上下水道等の都市インフラ部分を含む）と住宅等の建築部分から構成される。先に推計した造成工事からのCO₂排出量がニュータウン建設全体の中でどの程度の重みを有するのかを判断するために、建築工事からのCO₂排出量を既往研究成果^{11) 12)}を用いて概略推計した。

戸建住宅の構造割合は木造50%、鉄骨造（S造）50%と仮定し、集合住宅は鉄筋コンクリート造（RC造）と仮定した。その他の用途は事務所（合計）の値を用いた（表5参照）。これらの値に想定延床面積を乗じてPニュータウン建築工事からのCO₂排出量を推計すると、約43.8千ton-Cとなり（図6参照）、造成工事からのCO₂排出量の約1.9倍に相当した。

このことから、比較的低密度な郊外型ニュータウンにおいても、CO₂排出量に関して建築工事の寄与表

6 用途別エネルギー消費量原単位・負荷原単位（年間）する割合が大きなことが把握できた。

4.2 運用段階

ニュータウンにおいて都市活動・生活が営まれる運用段階についてのCO₂排出量を既往研究成果を用いて簡便に推計した。

具体的な都市活動として、建築関連の空調・給湯・照明等のエネルギー消費と供給処理インフラ関連の上下水道、ごみ収集・処理を選定した。ただし、本研究においては、各数値の年次変動よりも都市活動の相対関係を重視するため、各研究成果の年次統一補正はしていない。

エネルギー消費量の算定方法は、住宅については仙台における1992年度のアンケート調査結果¹¹⁾、その他については東北地方での負荷原単位値¹³⁾を引用して、地域特性に配慮した（表6参照）。水消費量¹⁴⁾及びゴミ排出量¹⁵⁾については、地域特性を加味した値が入手できなかったため日本の平均的な値で代用した（表7参照）。

これらの値を用いて、機器及び効率を想定の上、求めたエネルギー消費量等（図7参照）から既往のCO₂排出係数¹⁶⁾ -¹⁹⁾を乗じてCO₂排出量を推計したところ、約6.0千ton-C/年となった（表8参照）。

造成と建築をあわせた建設段階の約66千ton-Cは、運用段階の約11年分に相当することが把握できた。

4.3 太陽光発電システムの適用

低密度な郊外型ニュータウンに個別に適用可能な環境負荷低減技術は、パッシブ建築、住宅用太陽光発電システム、太陽熱利用システム、省エネ家電等に限られる。ここでは、太陽光発電システムについて、その効果がニュータウンの中でどの程度になるかを建設、運用を通して試算した。

表5 建築工事における床面積当たりCO₂排出量

項目	CO ₂ 排出量	算出方式と出典
戸建住宅（木造）	84 kg-C/m ²	組み合わせ方式 12)
住宅（SRC造）	149 kg-C/m ²	産業連関表方式 11)
住宅（RC造）	151 kg-C/m ²	◇
住宅（S造）	124 kg-C/m ²	◇
事務所（合計）	141 kg-C/m ²	◇

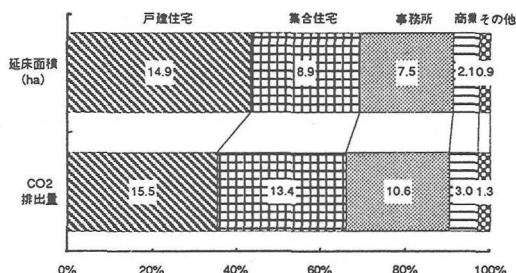


図6 建築工事におけるCO₂排出量集計結果

表6 用途別エネルギー消費量原単位・負荷原単位（年間）

項目	住宅：エネルギー消費量 11)			その他：負荷原単位 13)	
	暖房	冷房	給湯	調理	照明他
戸建住宅	5.71 Gcal/戸	0.01 Gcal/戸	6.01 Gcal/戸	1.04 Gcal/戸	3.04 Gcal/戸
集合住宅	1.79 Gcal/戸	0.03 Gcal/戸	3.14 Gcal/戸	0.79 Gcal/戸	1.85 Gcal/戸
事務所	92.2 Mca/m ²	29.6 Mca/m ²	33.3 Mca/m ²	Mca/m ²	143.5 kwh/m ²
物販店	27.5 Mca/m ²	34.3 Mca/m ²	56.6 Mca/m ²	Mca/m ²	243.5 kwh/m ²

表7 用途別水消費量、ゴミ排出量原単位

項目	水消費量 ¹⁴⁾	ゴミ排出量 ¹⁵⁾
戸建住宅	2.34 m ³ /年m ²	1.1 kg/日人
集合住宅	2.34 m ³ /年m ²	1.1 kg/日人
事務所	1.58 m ³ /年m ²	54 g/日m ²
物販店	2.32 m ³ /年m ²	75 g/日m ²
学校	1.52 m ³ /年m ²	45 g/日m ²

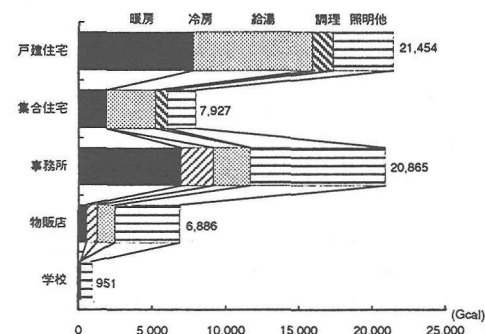


図7 運用段階の建物関連エネルギー消費量（年間）

表8 運用段階におけるCO₂排出量推計結果（年間）

項目	CO ₂ 排出係数	資源消費量	CO ₂ 排出量
灯油	0.0775 kg-C/Mcal ¹⁶⁾	8,662 Gcal	671 ton-C
都市ガス	0.0585 kg-C/Mcal ¹⁶⁾	29,452 Gcal	1,723 ton-C
電力	0.122 kg-C/kWh ¹⁷⁾	29,145 MWh	3,556 ton-C
上水	0.037 kg-C/m ³ ¹⁸⁾	769 千m ³	28 ton-C
下水	0.037 kg-C/m ³ ¹⁸⁾	769 千m ³	28 ton-C
ゴミ処理	2.600 kg-C/m ³ ¹⁹⁾	5,632 ton	15 ton-C
合計	—	—	6,022 ton-C

検討ケースとして、太陽光発電システムを戸建て住宅、集合住宅、事務所、学校の屋根に設置した場合の発電量を推計した。

個人住宅用太陽光発電システム（3kWp, 30m²）の発電量は、メーカーカタログ²⁰⁾から仙台地域の244kWh/月を引用し、他の用途向けも同性能と仮定した。

設置面積は、政策的に強力的に導入した場合を想定し、戸建て住宅は各戸に30m²（3kWp）相当の40,700m²、その他は、設置主体等の課題は考慮せずに単純に屋根面積の50%相当の22,900m²と仮定した。その場合の年間発電量は約5GWh/年と推計され、これは年間電力消費量の約17%に相当する。

一方、太陽光発電システムの生産時のエネルギー消費量の推計は稲葉ら²¹⁾の研究によるエネルギーペイバックタイム（EPT）5.675年を引用した。ただし、これは多結晶シリコンモジュールを年間10MW生産する場合で、太陽電池パネル本体及び周辺機器、架台等を含むものである。年間発電量とEPTから生産時のエネルギー消費量は約30GWh、CO₂排出量は約4千ton-Cと推計した。

4.4 建設・運用段階を通じた評価

以上の検討結果を用いて、PニュータウンのCO₂排出量を建設・運用段階を通じて概観した。（図8参照）

試算期間は運用開始後15年間とした。これは、施設の解体・更新期を含めた方がライフサイクルとしては好ましいが、都市のような複合的なもの場合は個々に更新期間が異なり、また、本研究は造成工事部分の考察が主題であるため各施設がほぼ耐用年数内で大規模な修繕・解体時期を迎える前が適当と考えたためである。

建設段階から運用開始後15年間を通じたCO₂排出量は、約157千ton-Cとなる。

建設段階と運用段階の比は、45%：55%と運用段階の方が若干大きく、造成工事が全体に占める割合は15%と相対的には小さいことが判断できる。

太陽光発電システムの導入効果は、建設段階ではCO₂排出量が約5%増加するが、運用段階では年間約14%減少し、建設から運用後15年間を通じたCO₂排出量の約5%削減可能なことが把握できた。

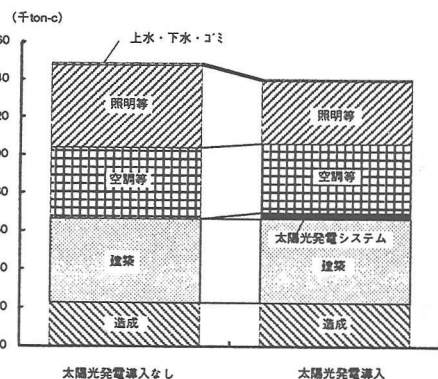


図8 建設・運用段階を通じたCO₂排出量（15年間）

5.まとめ

本研究では、ニュータウン建設にともなうCO₂排出量を具体的なニュータウンを対象に組み合わせ方式により推計し、排出構造を把握することにより、次のようなことが明らかになった。

- 1) 面積 162ha、人口 9,600人のニュータウンの造成及び建物建築に起因するCO₂発生量は約66千ton-Cであり、運用時のCO₂発生量は約6千ton-C/年であった。
- 2) 造成工事からのCO₂排出量は、材料による部分が約59%と大きく、その中では平板ブロック・石積ブロック、セメント、生コンクリート、ヒューム管などのセメント関連の占める割合が大きい。
- 3) 材料の中でCO₂を最も多く排出する平板ブロック・石積ブロックは、主に歩道舗装工事と擁壁工事で使用される。そのため、CO₂排出量の軽減対策としては、自然地形を活かした造成計画による擁壁の削減や、広幅員歩道における植栽部分の拡大等が考えられる。
- 4) 計画案のLCA的アプローチによる評価・検討への反映可能性に配慮して、主要工種についての単位数量当たりCO₂排出量を明らかにした。
- 5) ニュータウンにおけるCO₂排出量の推計や、材料仕様等の評価のためにはセメント製品の種類毎のCO₂排出強度を把握することが重要になる。
- 6) 建築工事や運用段階を含めたニュータウン全体の15年間のCO₂排出量をみると、造成工事が約15%、建築工事が約30%、運用部分が約55%を占める。太陽光発電システムを政策的に強力的に導入することにより15年間で約5%のCO₂削減が期待できる。

今後の検討課題として、次の2点が挙げられる。都市の物質・エネルギー代謝を網羅的にとらえるためには、上下水道、ゴミ、交通、維持管理等を含めた都市活動全てをとらえることが必要である。また、都市環境計画的にコントロール可能な部分と、材料仕様等の個別の設計的に対応可能な部分を明らかにし、後者について、個別積み上げ方式等によるより詳細な検討が重要である。

研究にあたり、Pニュータウンの実施予算書等の施工データを提供いただいた大成建設（株）東北支店菅野俊則氏に謝意を表します。

参考文献

- 1) 谷口孚幸・伊藤武美・末吉裕紀・谷内康弘（1993）：エコロジカル・アーバン・デザインのための都市環境評価システムの研究，環境システム研究vol.21,P319-324
- 2) 谷口孚幸・高山勉・中村秀一・伊藤武美（1992）：アーバン・エコロジー実現のための技術動向，環境情報科学19巻2号，P49-53
- 3) 谷口孚幸・伊藤武美・有浦幸隆（1994）：都市スケールにおける二酸化炭素排出量の推定方法，環境システム研究vol.22,p249-254
- 4) 建設省編（1994）：建設白書 平成6年度版，大蔵省印刷局，P218-220
- 5) 片脇清士（1992）：土木建築分野での資源・エネルギー消費、環境負荷試算例，JACIC情報28号,P20-23
- 6) 岡本英靖・酒井寛二・漆崎昇（1993）：土木工事における炭素排出量の推定，第1回地球環境シンポジウム講演集，P93-98
- 7) 内山洋司・山本博巳（1991）：発電プラントのエネルギー収支分析，電中研研究報告書Y90015
- 8) 竹林芳久・岡建雄・紺屋哲夫（1992）：産業関連表による建築物の評価その2事務所建築の建設による環境への影響，日本建築学会計画系論文集No431,P31-38など
- 9) 加藤悟・盛岡通（1994）：都市代謝基盤の環境調和性の評価に関する研究，環境システム研究vol.22,P237-242
- 10) 東洋経済新報社（1994）：経済統計年鑑'94，P283
- 11) 省資源・省エネルギー型国土建設技術に関する調査建築委員会（1994）：省資源・省エネルギー型国土建設技術の開発（建築委員会）報告書，（財）国土開発技術研究センター，P16-18・P31-36
- 12) 環境共生住宅研究会・（財）住宅建築省エネルギー機構（1993）：環境共生住宅研究会報告書-3，P473-480
- 13) 大成建設（株）技術研究所（1988）：コ・ジェネレーションシステム評価用調査研究報告書,P113
- 14) （社）建築業協会地球環境問題専門委員会（1991）：我が国における建築物の建設に係わる資源消費と関連する影響要因の実態，P135
- 15) （財）電力中央研究所・大成建設（株）（1993）：環境共生・省エネ都市の研究，p37-38
- 16) 環境庁企画調査局編（1992）：地球温暖化防止対策ハンドブック第5巻エネルギー編，P6-9
- 17) （社）日本建築学会建築と地球環境特別研究委員会（1992）：建築が地球環境に与える影響
- 18) 佐藤圭一（1983）：用水における電力消費量、産業公害第19巻第9号,PP28
- 19) 森保文・乙間末広 他（1994）：ごみ発電によるエネルギー回収およびCO2排出量の削減効果の推定，エネルギー資源，第15巻第6号,P73-80
- 20) 三洋ソーラーエナジーシステム（株）他（1993）：個人住宅用太陽光発電システムカタログ
- 21) 稲葉敦・島谷哲 他（1994）：太陽光発電システムのエネルギー評価，化学工学論文集第19巻第5号,P809-817