E-0807 社会資本整備における環境政策導入によるCO_2削減効果の評価と実証に関する研究
（４）環境政策の検討と導入効果の評価（大都市圏）

東京大学大学院工学系研究科建築学専攻　　　　　　　　　野口　貴文

<研究協力者>
東京大学大学院工学系研究科建築学専攻　北垣　亮馬

平成20～22年度累計予算額：　26,284千円（うち，平成22年度予算額　7,877千円）
予算額は、間接経費を含む。

［要旨］本研究では、アンケート調査に基づき、都市圏のコンクリート製品工場の環境負荷原単位を算出するとともに、ecoMAによるシミュレーションを実行することで、コンクリート製品のシェアを増加させた場合の、都市圏のCO_2排出量がどのように推移するのか、その変化挙動を観測することができるようになった。そこで平成22年度として、社会資本整備の上で構造体についで大きな環境負荷をもつと考えられる外装材を中心とした建築材料のCO_2排出量についての実態調査を行い、これの選定における優先順位について検討した。
　その結果として、製造時にCO_2を大量に排出するセラミック建材と、原料調達時にCO_2排出原単位が大きいセメントを用いるセメント系建材の比較が現時点では困難な状態にあり、CO_2排出原単位に基づいて建材を比較・選定することが困難になっていることが明らかになった。

［キーワード］セラミック建材、セメント系建材、CO_2排出量、アンケート調査

１．はじめに
　近年、国の環境負荷に占める建設産業の割合は大きく、建設産業からのCO_2排出量は全産業の4割を占めていることが知られている。CO_2削減目標が定められたことで環境税やカーボンフットプリントなどの制度を導入する機運が高まっており、コンクリート業界全体でのCO2削減が求められている。平成21年度の混和材利用に基づくCO_2削減効果の定量評価、プレキャスト製品を利用した場合のCO_2排出量を調査し、ecoMAによって広域運用した場合の削減効果を明らかにした。
　この一方で、社会資本整備においては、コンクリート製品についで、タイルやレンガ、断熱材やその他のセメント系資材などが大量に利用されているが、その環境負荷原単位についても正確に分かっていないのが現状である。特にこういった外装材や断熱材は都市部の建築物に集積的に用いられているが、生コンクリートと異なり、輸送に伴う制限時間もないために、製造工場が非都市部に設けられ、そこで集約的に製造されていることがほとんどであるため、全くCO_2排出形態が違うと考えて良い。

２．研究目的
　本研究では、社会資本整備における低炭素化戦略のうち、大都市圏の環境政策を構築することを目的として、セラミクス系建材、セメント系建材、断熱材のマテリアルフローをアンケート・

統計から明らかにした上で、環境負荷原単位を求めた上で、こうした建材利用に伴うCO_2削減量を定量的に評価することを目的とする。

３．研究方法

（１）調査目的

全国の建材工場に対して実態調査を実施し、地域性・工場規模性が環境負荷原単位に与える影響や都道府県内外間の輸送実態状況を把握する。そして、より環境負荷の少ない建材選択に役立てることを目的とする。

（２）調査方法

各建材のアンケート調査の概要について以下にまとめた。

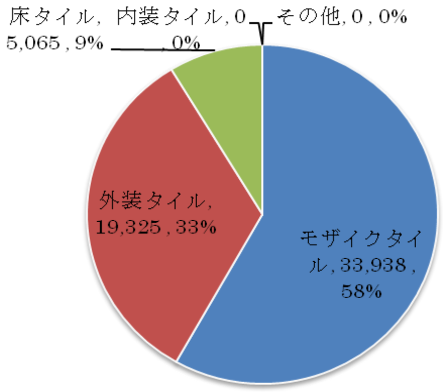
表 19　アンケート調査概要

資材名	調査 手段	調査対象	アンケート期間	有効 回答数
タイル	FAX E-mail	全国41社 全国タイル業協会	2010年9月21日～9月24日	7件
レンガ	FAX E-mail	全国11社 日本煉瓦協会	2010年9月21日～9月24日	3件
ロックウール	FAX E-mail	全国3社 ロックウール工業会	2010年10月25日～11月5日	0件
羊毛断熱材	FAX E-mail	全国1社 インターネットで調査した3社	2010年9月21日～9月24日	1件
セルロース ファイバー	FAX E-mail	全国4社 日本セルロースファイバー工業会	2010年9月21日～9月24日	1件
ウレタン フォーム	FAX E-mail	全国9社 ウレタンフォーム工業会	2010年10月25日～11月5日	1件
ポリスチレン フォーム	FAX E-mail	全国3社 押出発泡ポリスチレン工業会	2010年9月21日～9月24日	1件
ケイカル板	FAX E-mail	全国18社 せんい強化セメント板協会	2010年9月21日～9月24日	2件
ALC	FAX E-mail	全国3社 ALC協会	2010年10月28日～11月5日	1件
窯業系 サイディング	FAX E-mail	全国7社 日本窯業外装材協会	2010年10月5日～10月7日	4件
粘土瓦	FAX E-mail	21社 愛知県陶器瓦工業組合	2010年10月7日～10月22日	10社

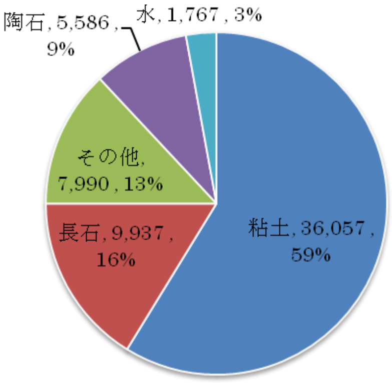
（３）調査結果

１）タイル

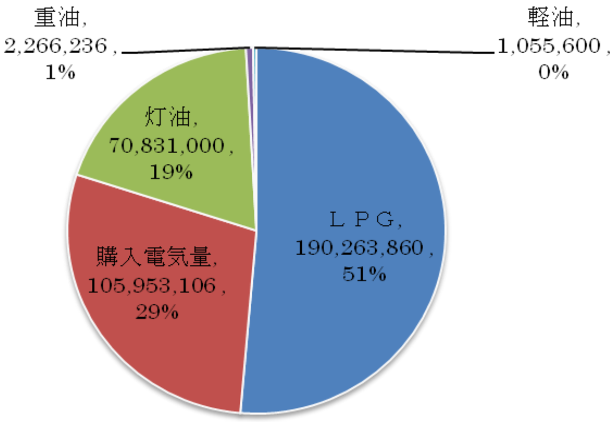
調査結果を図 42に示す



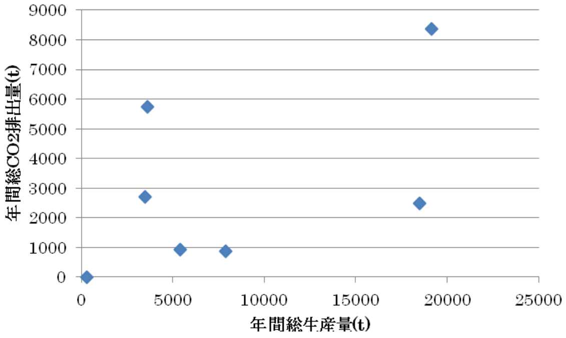
製品の品目別生産量



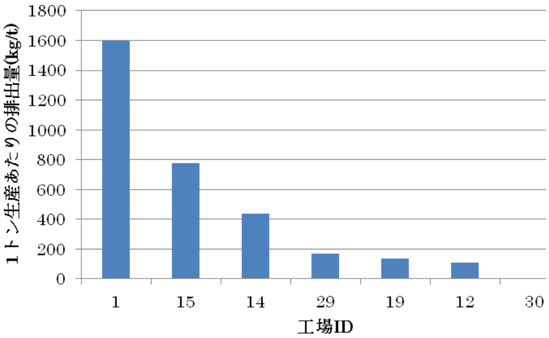
原材料の品目別受け入れ量



燃料・電力の品目別使用量



製品の生産量とCO_2排出量の関係

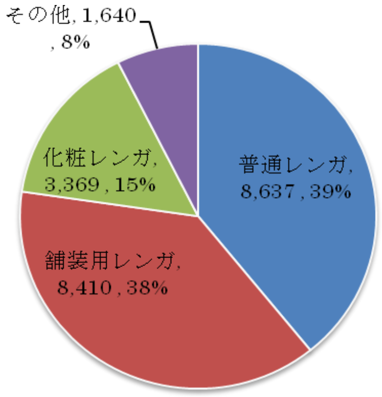


製品1トン生産あたりのCO_2排出量

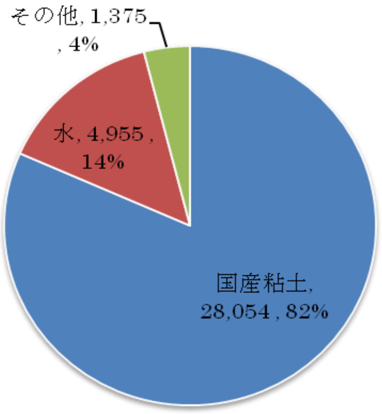
図 42　アンケート調査結果・CO_2排出原単位（タイル）

2) レンガ

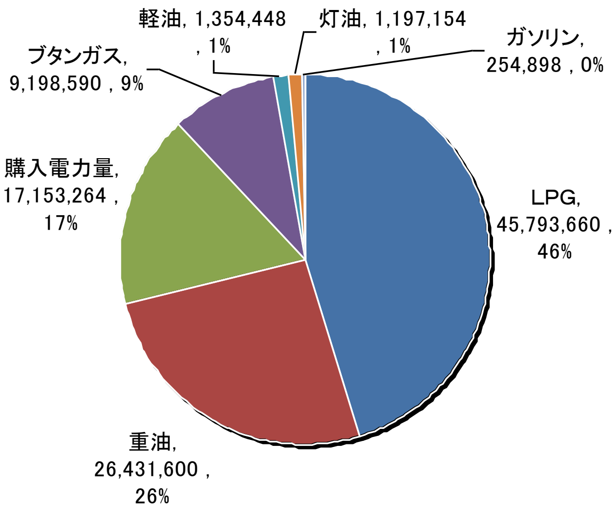
調査結果を図 43に示す。



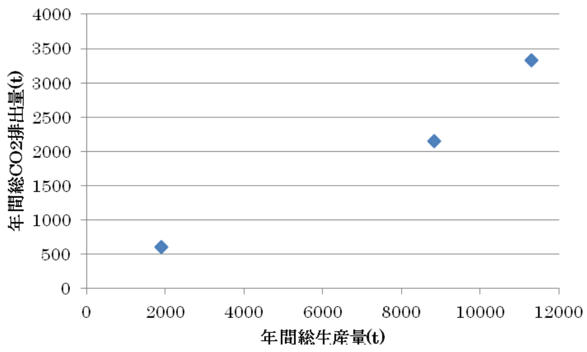
製品の品目別生産量



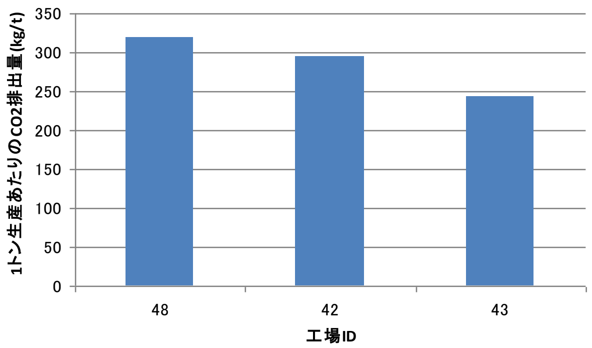
原材料の品目別受け入れ量



燃料・電力の品目別使用量



製品の生産量とCO_2排出量の関係

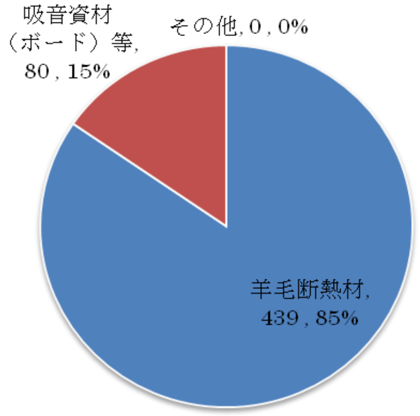


製品1トン生産あたりのCO_2排出量

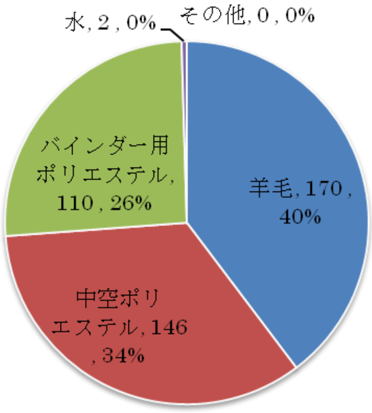
図 43 アンケート調査結果・CO_2排出原単位(レンガ)

3） 羊毛断熱材

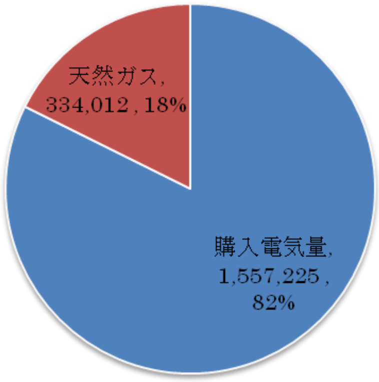
調査結果を図 44に示す。



製品の品目別生産量



原材料の品目別受け入れ量



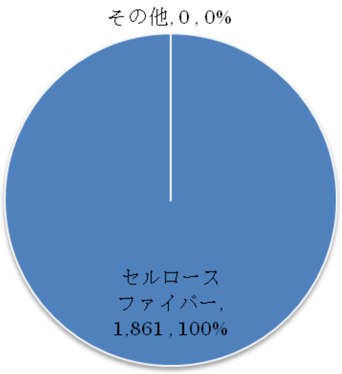
燃料・電力の品目別使用量

図 44 アンケート調査結果・CO_2排出原単位（羊毛断熱材）

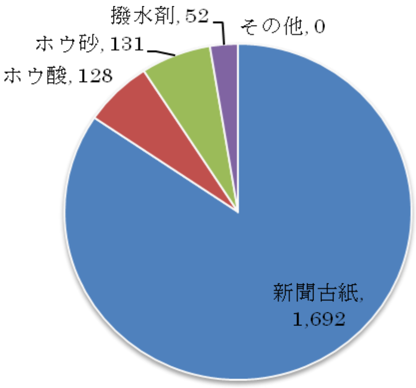
製品1トン生産あたりのCO_2排出量：171.2kg-CO_2/tであった。

4） セルロースファイバー

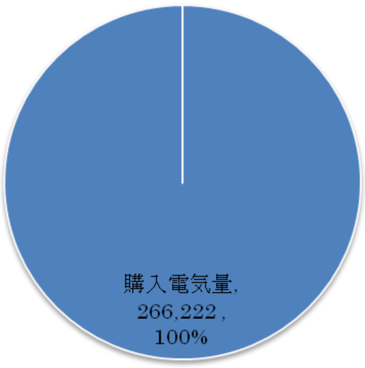
調査結果を図 45に示す。



製品の品目別生産量



原材料の品目別受け入れ量



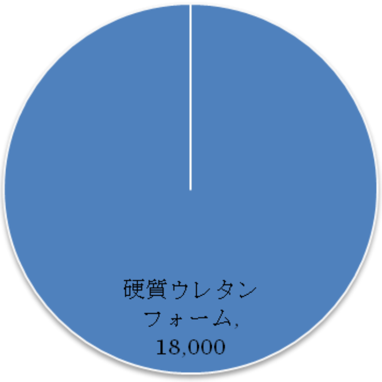
燃料・電力の品目別使用量

製品1トン生産あたりのCO_2排出量：58.2kg-CO_2/tであった。

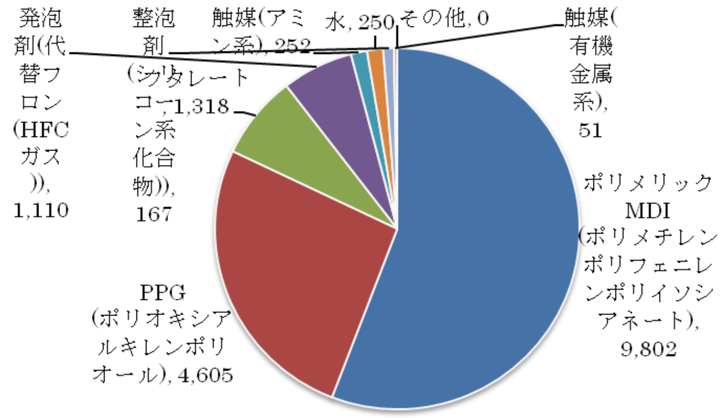
図 45　アンケート調査結果・CO_2排出原単位（セルロースファイバー）

5）ウレタンフォーム

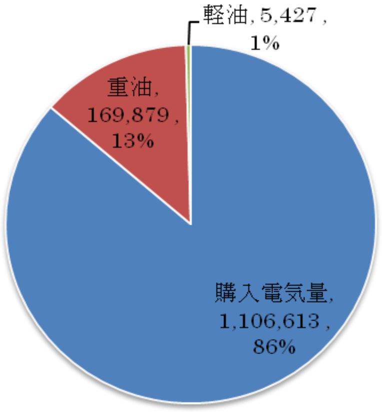
調査結果を図 46に示す。



製品の品目別生産量



原材料の品目別受け入れ量



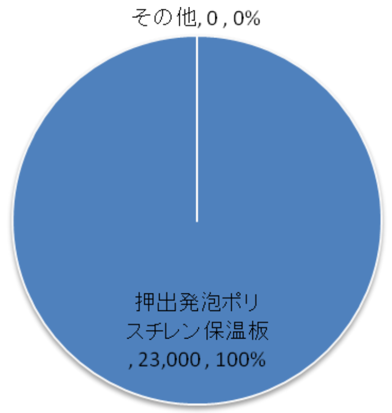
燃料・電力の品目別使用量

図 46　アンケート調査結果・CO_2排出原単位（ウレタンフォーム）

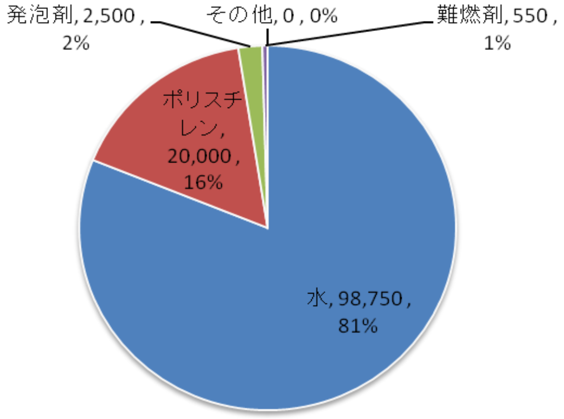
製品1トン生産あたりのCO_2排出量：52.2kg-CO_2/tであった。

6）ポリスチレンフォーム

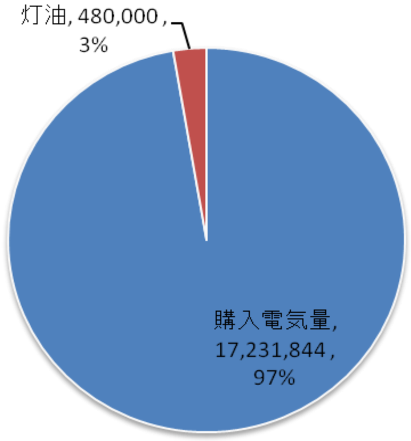
調査結果を図 47に示す。



製品の品目別生産量



原材料の品目別受け入れ量



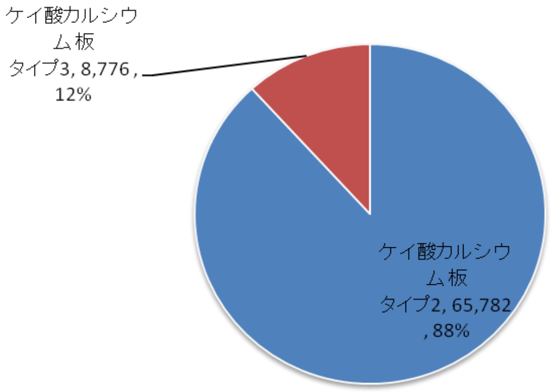
燃料・電力の品目別使用量

図 47　アンケート調査結果・CO_2排出原単位（ポリスチレンフォーム）

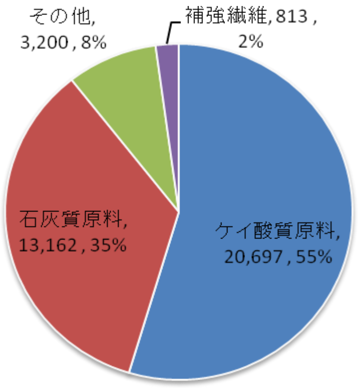
製品1トン生産あたりのCO_2排出量：357.3kg-CO_2/tであった。

7）ケイ酸カルシウム板

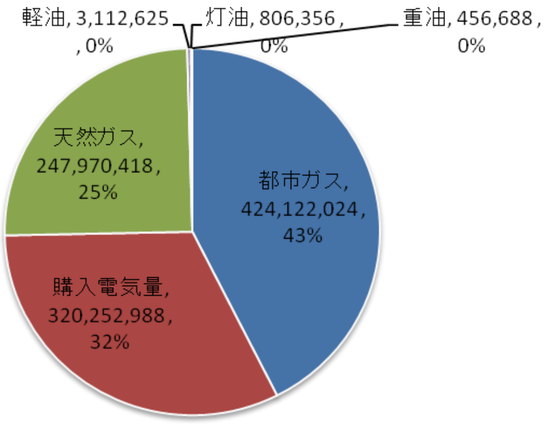
調査結果を図 48に示す。



製品の品目別生産量



原材料の品目別受け入れ量



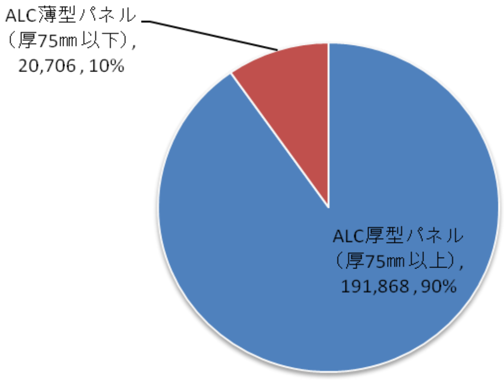
燃料・電力の品目別使用量

図 48　アンケート調査結果・CO_2排出原単位（珪酸カルシウム板）

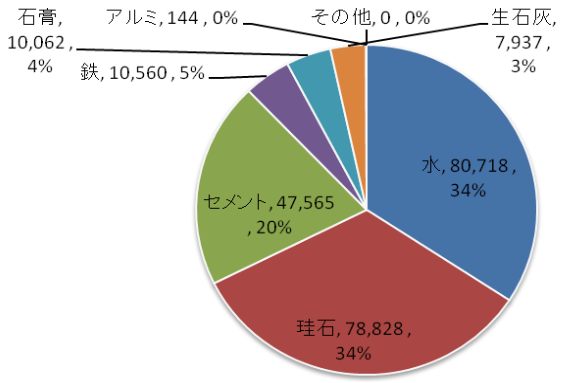
製品1トン生産あたりのCO_2排出量：602.5kg-CO_2/tであった。

８）軽量気泡コンクリート(ALC)

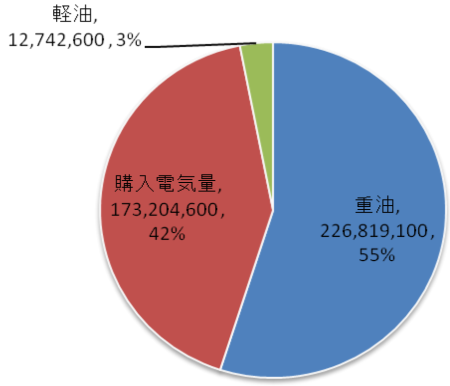
調査結果を図 49に示す。



製品の品目別生産量



原材料の品目別受け入れ量



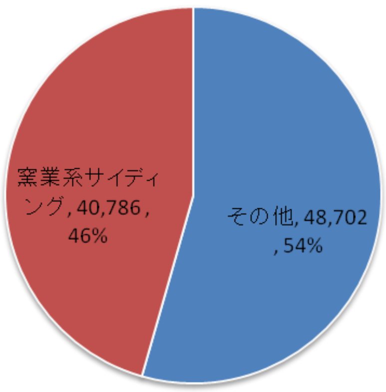
燃料・電力の品目別使用量

図 49　アンケート調査結果・CO2排出原単位（ALC）

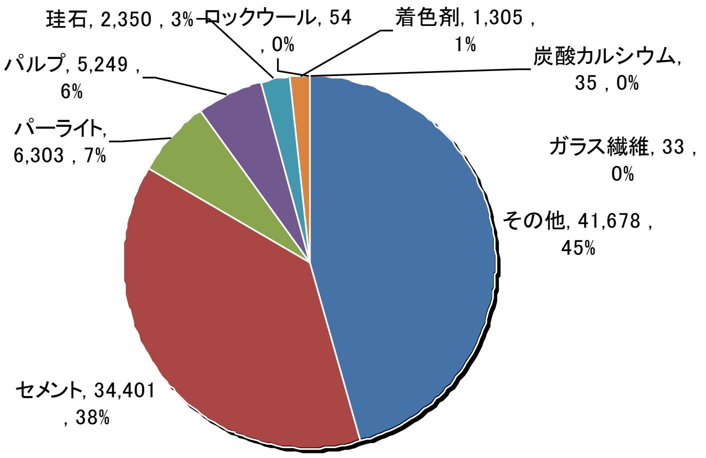
製品1トン生産あたりのCO_2排出量：118.2kg-CO_2/tであった。

9）窯業系サイディング

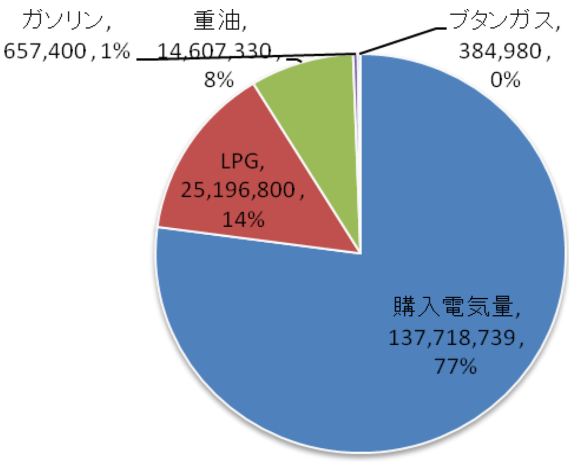
調査結果を図 50に示す。



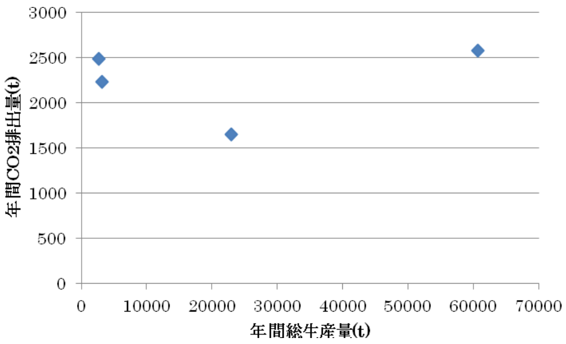
製品の品目別生産量



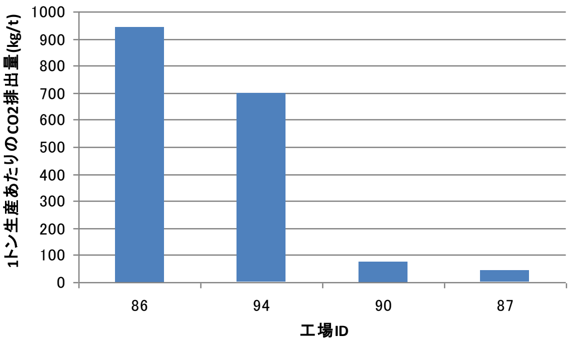
原材料の品目別受け入れ量



燃料・電力の品目別使用量



製品の生産量とCO_2排出量の関係

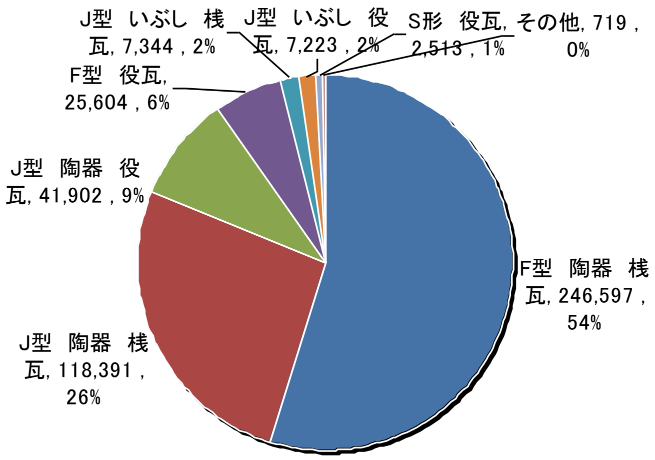


製品1トン生産あたりのCO_2排出量

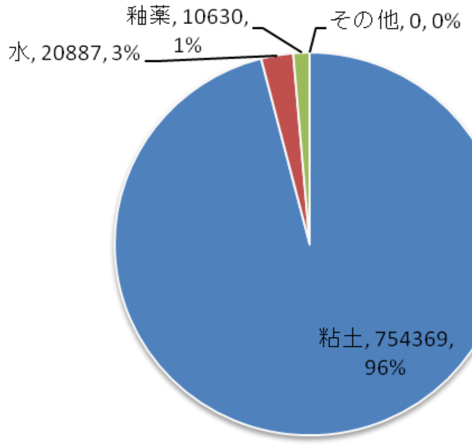
図 50　アンケート調査結果・CO_2排出原単位（窯業サイディング）

１０）粘土瓦

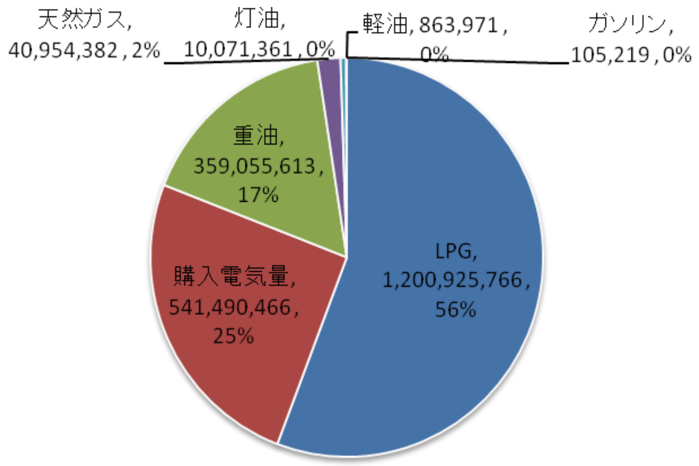
調査結果を図 51に示す。



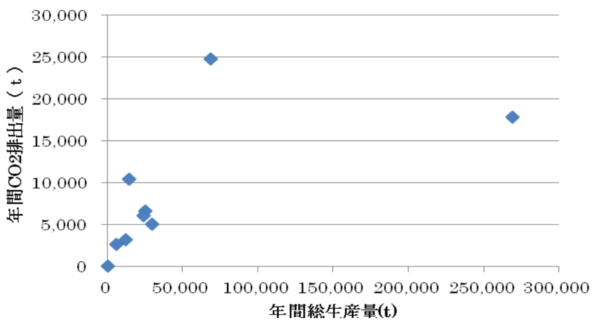
製品の品目別生産量



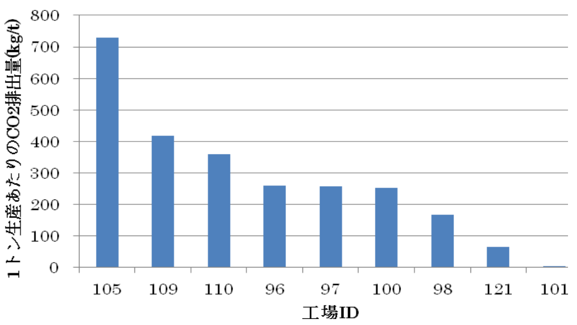
原材料の品目別受け入れ量



燃料・電力の品目別使用量



製品の生産量とCO_2排出量の関係



製品1トン生産あたりのCO_2排出量

図 51　アンケート調査結果・CO_2排出原単位（粘土瓦）

４．結果・考察

各建材のCO_2排出原単位（平均値）は表 20および図 52になる。

・サンプル数が1件ないし2件しか得られていない建材は、各協会への打診段階で調整が困難になり、アンケート調査の範囲に限界があったためである。

・いずれも製造にかかるエネルギーをもとにCO_2排出量を計算しているため、原料のCO_2を加算したカーボンフットプリントに置き換えた場合、もう少しCO_2排出量が増加するものと考えられる。特に、原料にセメントを利用している窯業系サイディング、ALCは、配合によっては、100～600kg程度のCO_2増加が考えられる。

・ウレタンフォームとポリスチレンフォームについては、常温で発泡させるウレタンフォームと異なり、ポリスチレンフォームは加熱して80－100℃程度の溶融段階にまで温度を高めるため、そのエネルギーの分製造エネルギーを消費する。

・羊毛断熱材は加熱加工などしていない羊毛でできているため、CO_2排出量はそれほど大きくないと考えられるが、同じ工場で吸音パネルを製造しており、材料の使用量でエネルギー配分を決めているため、このような結果になったと考えられる。今後、正しい配分を決定する方法を構築する必要がある。

・ALC、ケイ酸カルシウム板はともに石灰質原料と珪酸質原料をオートクレーブ養生することで、トバモライトを形成することで硬化体になるものであるが、ALCがセメントを加えて水和反応による硬化に期待している一方で、ケイ酸カルシウム板は、セメントを加えないため、オートクレーブ養生後に乾燥炉にいれて乾燥させる工程を含む。このため、製造時のALCに比べてCO_2排出量が大きくなる。ただし、先に述べたように、ALCはセメントを利用していることから、カーボンフットプリントにするとセメント製造時のCO_2を加算され、両者は同じようなCO_2排出量になるものと考えられる。

表 20　各種建材のCO_2排出原単位

	CO2排出原単位(kg-CO2/t)	サンプル数
タイル	362.2	7
レンガ	276.4	3
羊毛断熱材	171.2	1
セルロースファイバー	58.2	1
ウレタンフォーム	52.2	1
ポリスチレンフォーム	357.3	1
ケイ酸カルシウム板	602.5	2
ALC	118.2	1
窯業系サイディング	100.0	4
粘土瓦	273.9	10

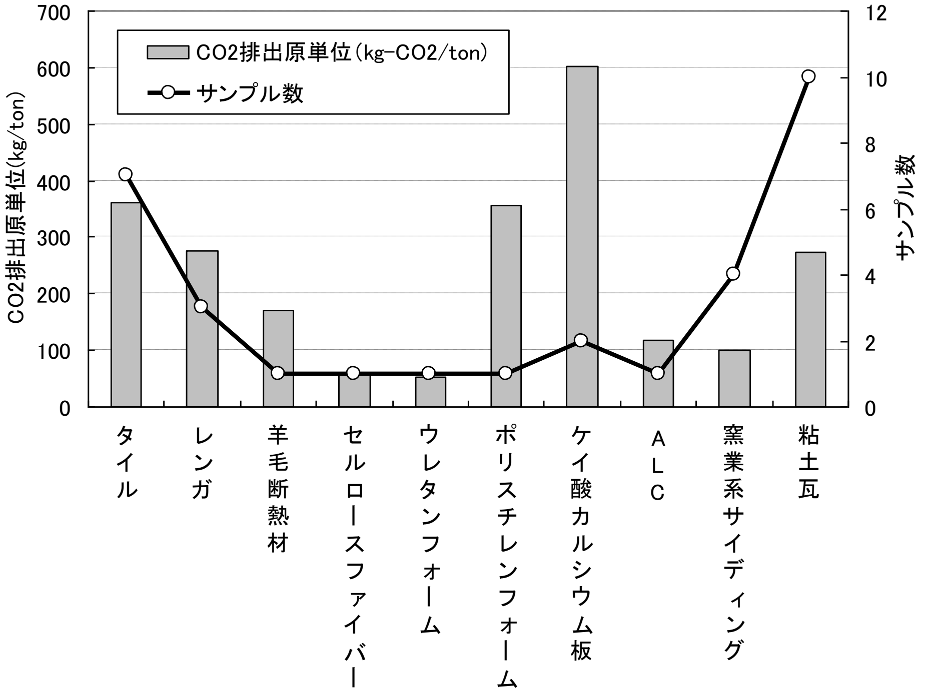


図 52　各種建材のCO_2排出原単位

以上のように考えると、製造時のCO_2排出量はまちまちであるが、カーボンフットプリントに直すと、次のように分類される。

（１）セメント利用もしくはオートクレーブ養生を利用する珪酸カルシウム板、ALC,窯業系サイディング
（２）原料から高温焼成製造のみで作ったレンガ＜粘土瓦＜タイル
（３）断熱材のうち、高温発泡させるポリスチレンフォームなど
（４）断熱材のうち、低温発泡させるウレタンフォーム
（５）断熱材のうち、繊維を用いて断熱層を作るセルロースファイバー、羊毛断熱材

（１）から順にカーボンフットプリントが大きい物と推定される。多くの建材は、調査不足によりCO_2排出量が明らかにされていないが、今後は、より詳細なCO_2排出量の結果の集積が望まれる。

５．本研究により得られた成果

（１）科学的意義

本研究によって、今まで未知であった代表的な建築材料のCO_2排出原単位が一部ではあるが、明らかにされた。

（２）環境政策への貢献

本研究にでは、アンケート調査に基づき、社会資本整備に必要とされ構造材に次いで用いられる建築材料の環境負荷原単位を算出し比較を行った。その結果、各種建材のCO_2排出原単位は、主たる構造材料であるコンクリートに比肩するほど大きいと考えられるものの、データ整備が進んでおらず、同じ用途で用いる場合でも低炭素化可能なものを正確に比較検討できない問題点があることがわかった。とくに、製造時にCO_2を大量に排出するセラミック建材と、原料調達時にCO_2排出原単位が大きいセメントを用いるセメント系建材の比較が現時点では困難な状態にあることが指摘される。今後は、これらの課題をベースにより詳細な調査とそれらに基づくシミュレーション評価をすることで、低環境負荷資源循環のための合理的環境政策について検討するものとする。

６．引用文献

なし

７．国際共同研究等の状況

なし

８．研究成果の発表状況

（１）誌上発表

<論文（査読あり）>

なし

<査読付論文に準ずる成果発表>（社会科学系の課題のみ記載可）

なし

<その他誌上発表（査読なし）>

なし

（２）口頭発表（学会）

なし

（３）出願特許

なし

（４）シンポジウム，セミナーの開催（主催のもの）

なし

（５）マスコミ等への公表・報道等

なし

（６）その他

なし