

# CO<sub>2</sub> による地球温暖化と植林の関係

— CO<sub>2</sub> 固定化のための一人あたりの  
植林数に関する考察 —

小口 幸成\*・矢田 直之\*・大庭 安正\*\*・片野 博英\*\*  
上迫 一明\*\*・川谷 利夫\*\*・菊地 一人\*\*・岸 正彦\*\*  
栗原 義明\*\*・白倉 紀彦\*\*・東郷 好伸\*\*・富田 克則\*\*  
藤原 利彦\*\*・村野 明\*\*

Warmness of the Earth under the Influence of Increasing  
Carbon Dioxide and Afforestation  
— A Few Comments on the Personal Afforestation for the  
Absorption of Carbon Dioxide —

Kosei OGUCHI, Naoyuki YADA, Yasumasa OHBA, Hirobumi KATANO,  
Kazuaki KAMISAKO, Toshio KAWATANI, Kazuto KIKUCHI, Masahiko KISHI,  
Yoshiaki KURIHARA, Toshihiko SHIRAKURA, Yoshinobu TOGO, Katunori TOMITA,  
Toshihiko FUJIWARA and Akira MURANO

## Abstract

The environmental disruptions of the earth became the world-wide social problem, and the green house effect of them is the most difficult problem to improve the present situation.

In the present study, the amount of the carbon dioxide produced personally was estimated concretely on the assumption that a person enjoyed a present-day life for eighty years and was obtained to be 388,495 kg/80 years. And the number of planting ceders in which his exhausted carbon dioxide might be absorbed was calculated as 198.2/year. The personal effect on the green house effect was definitely obtained and we must worry about this difficult problem for a personal affair.

## 1. 序 論

地球の環境破壊は、おもに人類によって行われている。産業革命以来環境破壊と汚染が叫ばれ、1891年には米国に自然保護団体が設立されている。しかし、最近の地球環境破壊は従来の大気汚染や河川汚染などの地域的な汚染とは異なり、地球規模の環境破壊であっ

て、生物の存続に危機感を与える問題である。現在提起されている環境破壊の問題は、酸性雨問題、オゾン層破壊問題、温室効果問題、海洋汚染問題、気象変動問題などであるが、前三者が最も注目されている。このうち、酸性雨問題は因果関係が明らかであり、技術によって解決できる問題であるが経済問題もあるので国際協力が必要である。オゾン層破壊問題は塩素や臭素を含んだ物質の使用方法を誤った技術的問題であり、人類の科学の遅れを暴露した問題で、国際協力がきわめて短期間に具体的に実施され、今後改善に年月

平成2年9月28日受理

\* 機械工学科

\*\* 機械工学科卒業生

がかかるが解決に向かっている。しかし、温室効果問題は解決の糸口も見つかっていない重要な問題である。1965年に米国会で取り上げられたが、その後のエネルギー危機によって鎮静化し、最近になって観測データの蓄積が進みエネルギー問題などと併せて警告されるに至った。

温室効果の原因は二酸化炭素(以降 CO<sub>2</sub> と略す)ばかりでなく排気ガスに含まれる各成分、フロン、水蒸気などであるが、大気中の CO<sub>2</sub> 量が確実に増加しているという実測結果が報告された。CO<sub>2</sub> は化石燃料の燃焼によって発生するが、その他の原因によっても発生する。また CO<sub>2</sub> の排出量の増加、海洋の吸収能力の低下、森林伐採などにより CO<sub>2</sub> の発生と吸収の均衡が大きく崩れている。日本の化石燃料燃焼による CO<sub>2</sub> の放出量は  $2.3 \times 10^8$  t/年(炭素換算)と言われ、CO<sub>2</sub> の海中投棄、分離膜による回収、大気中の CO<sub>2</sub> 固定化などの方法が検討されている。世界中の年間の CO<sub>2</sub> 排出量を樹木に固定化するにはオーストラリアの面積に相当した植樹が必要であるとも言われる。樹木は CO<sub>2</sub> を吸収し O<sub>2</sub> を発生するが、枯木になると CO<sub>2</sub> とメタンになり樹木だけで自然循環が行われているため、樹木のままで保存し続けられない限り樹木に永久に CO<sub>2</sub> を固定化することは不可能である。

本研究は上述の状況を各人が自覚し、CO<sub>2</sub> 放出の低減化に各人が努力するためのデータを推算することを目的とした。本研究は本学機械工学科3年の科目であるゼミナールのテーマとして研究に取り組んだもので、地球環境と人間の関わりを調査研究した後各人にテーマを決めまとめたものである。研究の内容は、現代の若者の感覚で現状の生活を一生(80年)継続したとき個人が放出する CO<sub>2</sub> 量を試算し、その CO<sub>2</sub> 量を樹木に固定化するとして個人が植樹し育て続けるべき樹木数を求めた。日本で放出する CO<sub>2</sub> 量は上述のとおりであるが、これらは外貨獲得、公共施設、経営など個人としては間接的な分野に使用されるエネルギーを含んでいるため個人との関わりが薄く、各人が加害者であるという意識につながりにくいため、個人の生活だけに着目したものである。CO<sub>2</sub> は一人ひとりの努力と協力によって削減すべきであり、その指針を具体的に試算した。

## 2. 調査方法

本研究では、前述のように現代人一人が現在の文化

的な生活を一生営むときに、どの程度の量の CO<sub>2</sub> を放出しているかを具体的に算出した。そして、放出した CO<sub>2</sub> 量を樹木に固定化するために、換言すれば樹木に吸収させるためには、何本の樹木を植える必要があるかを試算した。本研究では、人の一生を80年間と仮定して、その間に消費される様々なエネルギーおよび物質に関して、それらの生産および消費のために費やされる CO<sub>2</sub> 量を算出するという方法で試算を行った。

まず植える樹木の種類を特定した。その結果は次節に詳述するが、CO<sub>2</sub> を吸収させる樹木として「杉」を選定した。

人間が放出する CO<sub>2</sub> 量に関しては、以下に示す項目に分類して具体的な CO<sub>2</sub> 量を算出した。すなわち、人間の呼吸、衣料品、日用品、食料品(原材料、加工食品)、住居、ガス、電化製品(電力)、上下水道、家具、輸送機関、娯楽・趣味、出版・印刷物、森林伐採、ゴミの計15項目である。これらの項目は、現在の我々の生活をすべて網羅しているわけではないが、我々が普段営んでいる生活の大部分を含んでいるものと思われる。なお本研究は、人間一人の個人消費を中心に CO<sub>2</sub> の放出量を算出したものであって、工場や公共施設等の設備に関するエネルギー量および CO<sub>2</sub> の放出量については対象外とした。

具体的な調査方法としては、上述の15項目毎に一生に必要な内容の抽出と消費量を試算し、その量をエネルギー量に換算した。各々の項目において、消費量からエネルギー量に換算する際には、1個(一定量)当りの生産および消費に必要なエネルギー量が必要となる。このような1個(一定量)当りに必要なエネルギー量を、生活に必要な様々な製品について算出することは非常に困難であるので、本研究では既に文献<sup>1,2)</sup>により公表されている数値を参考にした。各々の項目について一生に費やされるエネルギー量を算出した後は、そのエネルギー量を以下の式を用いて原油量に換算した。

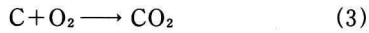
$$\text{原油量 [kg]} = \frac{\text{一生に費やされるエネルギー量}}{\text{原油 1 kg 当りの発熱量}} \quad (1)$$

ここで、原油1kg当りの発熱量は43,726 kJ/kgとした<sup>2)</sup>。なお、個々の製品を生産する際に必要なエネルギー量のうち、一部はその消費電力から原油量に換算して求めた。日本では、電力総生産量の約58%をCO<sub>2</sub>等の発生源となっている火力発電に依存している<sup>3)</sup>。そこで火力発電の発電効率を35%と仮定し、次式から消費

電力を原油量に換算した。なお、火力発電に用いられる燃料としては、石油ばかりではなく LNG や石炭なども挙げられるが、その割合は石油が最も高いので、今回の試算では全て石油を用いると仮定し、原油量に換算した。

$$\text{原油量 [kg]} = (\text{消費電力 [kWh]} \times 3600 \text{ [kJ/kWh]} \times 0.58 / 0.35) \div 43726 \text{ [kJ/kg]} \quad (2)$$

さらにこれらの原油量中の全ての炭素 C が、完全燃焼によりすべて CO<sub>2</sub> となったと仮定して CO<sub>2</sub> の放出量を算出した。原油 1 kg に含まれる C の量は約 0.85 kg であり<sup>2)</sup>、C (分子量 12) は以下の反応式により CO<sub>2</sub> (分子量 44) に変化する。



すなわち、原油 1 kg 当りに発生する CO<sub>2</sub> の量は次式で与えられる。

$$\begin{aligned} \text{原油 1 kg 当りの CO}_2 \text{ 量 [kg]} \\ = \text{原油量 [kg]} \times 0.85 \times (44 / 12) \end{aligned} \quad (4)$$

本研究では、上述の式 (1), (2) および (4) から各々の調査項目毎に放出される CO<sub>2</sub> の総量を算出した。そして、これらの発生した CO<sub>2</sub> の年間平均量を杉の木に吸収させるためには、何本の杉の木が必要かを各項目ごとに試算した。なお、杉の成木 1 本が 1 年間に吸収する量は次節に示すように 24.6 kg である<sup>4)</sup>。また本研究では、人の一生を 80 年と仮定しているが、杉の木に関しても 1 度植えれば 80 年間は生育しつづけるものと仮定し、もし途中で枯れた場合はその分を補充する

ことにして木の本数を次式により算出した。

$$\begin{aligned} \text{杉の植樹本数} = 1 \text{ 年間に放出される CO}_2 \text{ 量} \\ \text{[kg]} \div 24.6 \text{ [kg/(年・本)]} \end{aligned} \quad (5)$$

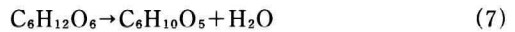
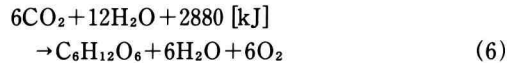
ここで述べた CO<sub>2</sub> 放出量の算出方法は、各々の調査項目に関して必ずしも最適な方法とは限らない。したがって、ガスの消費量等のいくつかの項目については上述の方法にこだわらず、より適していると思われる計算方法で CO<sub>2</sub> の放出量を算出した。それらの算出方法については、各々の項目において説明する。

### 3. 樹木の CO<sub>2</sub> 吸収量

CO<sub>2</sub> を樹木に吸収させることにし、一本の木が一年間に吸収する CO<sub>2</sub> 量を算出した。

#### (1) 計算方法

植物は光合成作用により有機物質 (グルコース: C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) を生産する。生産された有機物質は分解され、植物の平均的組成であるデンプン・セルロース (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>) になる。このデンプン・セルロースの全量を総生産量とし、この中から植物自身の呼吸によって消費される量を引いたものを純生産量とする。光合成の反応式は次式 (6), (7) のように表される。



上の二式より光合成によって 264 g の CO<sub>2</sub> と 108 g の水および太陽エネルギーを用いて、180 g のグルコー

Table 1. The amount of organic matter produced and absorption amount of CO<sub>2</sub> in forest<sup>4)</sup>

樹種	純生産量 [t/ha・年]	樹木の呼吸量 [t/ha・年]	総生産量 [t/ha・年]	葉面積 [ha/ha]	CO <sub>2</sub> 吸収量 [kg/年・本]
杉	15.1	58.2	73.3	6.5	24.6
檜	15.4	25.5	40.9	5.1	25.1
ブナ	19.3	24.8	44.1	3.9	31.5
落葉松	14.6	—	—	4.1	24.6
アカ松	17.0	—	—	—	27.7
トド松	21.2	—	—	—	34.5
白樺	6.4	—	—	3.5	10.4
落葉広葉	8.7	—	—	4.5	14.2
落葉針葉	10.1	—	—	3.5	16.5
常緑広葉	18.1	—	—	7.3	22.0
常緑針葉	13.5	—	—	7.5	29.5

スと 192 g の酸素を生産する。そしてこの 180 g のグルコースから、162 g のデンプン・セルロースと 18 g の水を生産する。つまり、樹木が 1 kg のデンプン・セルロースを生産する過程で、約 1.5 kg (=264/162) の CO<sub>2</sub> を大気中より吸収する。すなわち、次式となる。

$$\text{樹木の CO}_2 \text{ 吸収量} = \text{純生産量} \times \frac{264 [\text{g}]}{162 [\text{g}]} \quad (8)$$

### (2) 計算結果

樹木の種類による生産量等<sup>9)</sup>を Table 1 に示す。同表の純生産量と式 (8) を用いて木の吸収する CO<sub>2</sub> 量をもとめ、同じく Table 1 に記した。ただし、1 ha 当りの樹木の植林数を 1,000 本 (約 3 m 間隔に植林したとする) として計算した。

### (3) 結論

一般に針葉樹木は広葉樹木と異なり、一枚一枚の葉の面積は小さいが、葉の数が多く幹の方まで光が届くため、光合成の能力も高くなっている。

Table 1 より CO<sub>2</sub> 吸収量の平均値に一番近い樹木は杉であり、また杉は日本ではよく見ることができ一般的な樹木でもある。単に CO<sub>2</sub> を吸収させる目的だけに植樹するのであればトド松などの方が良いが、多種類の木を多目的に必要とするので平均値という観点から、本研究では CO<sub>2</sub> を吸収させるために植える樹木として「杉」を選定し、一人の人間が一生の生活で放出する CO<sub>2</sub> を杉に吸収させることにした。

## 4. 各項目に関する調査結果

本研究では、第 2 節で述べたように、人間が一生 (80 年間) に放出する CO<sub>2</sub> の量を算出するために、15 項目にわたって具体的な CO<sub>2</sub> の放出量およびその量を吸収させるために必要な杉の植樹本数を試算した。以下に、各項目に関する調査結果を述べる。

### (1) 人間の呼吸

人間の呼吸は空気中の酸素を肺で血液中に取り込み、不用になった CO<sub>2</sub> を空気中に放出する。普通の人間で安静時に毎分約 250 ml の酸素を消費し、ほぼ同量の CO<sub>2</sub> を排出している。これが運動時には約 2.5 倍となる。また、学生の一日常りのスポーツ時間は平均 30 分間弱である。しかし、スポーツ以外でも体を激しく動かすことがあるので、運動時間を一日当たり 1 時間とした。一日のうち 23 時間を安静時、1 時間を運動時と仮定し、この仮定を一生にわたって適用すれば、呼吸

によって発生する CO<sub>2</sub> の総量は、次式で算出できる。

$$\begin{aligned} & \{ (0.25 [\text{l/min}] \times 23 [\text{h}]) \\ & + (0.25 [\text{l/min}] \times 2.5 \times 1 [\text{h}]) \} \\ & \times 60 [\text{min/h}] \times 365 [\text{日}] \times 80 [\text{年}] \\ & = 1.12 \times 10^7 [\text{l/80年}] \end{aligned} \quad (9)$$

上述の CO<sub>2</sub> の体積を 20°C, 1 atm における値とし、CO<sub>2</sub> を分子量 44 の理想気体と仮定して、その質量を求めると大略次の通りである。

$$\begin{aligned} m &= (1.12 \times 10^7) [\text{l}] \times (273 [\text{K}] / 293 [\text{K}]) \\ & \times (44 [\text{g/mol}] / 22.4 [\text{l/mol}]) \\ & = 2.04 \times 10^7 [\text{g/80年}] \\ & = 2.04 \times 10^4 [\text{kg/80年}] \end{aligned} \quad (10)$$

となる。従って、この CO<sub>2</sub> を吸収するのに必要な杉の本数は、式 (5) を用いて 10.39 [本/年] となる。

このように、人間一人が一生の間 (80 年間) 呼吸によって放出される CO<sub>2</sub> の量を吸収させるためには、11 本以上の杉を育て続けなければならない。これは、以下のその他の項目と比較すれば明らかのように、決して少ない数ではない。しかしながら、人間の呼吸量を節約することは不可能であるので、その他の生活による CO<sub>2</sub> の放出を抑制すべきであると結論できよう。

### (2) 衣料品

衣料品の場合、繊維素材としてさまざまな天然繊維や化学繊維があり、またそれらを含む割合も用途や性別等で大きく変わってくる。そこで、一生を幼児 (0~3 歳)、男児 (4~12 歳)、少年 (13~19 歳)、成人 (20~80 歳) に分割し、各年間に使用する衣料品の使用量 (枚数) を仮定した。さらに、個々の衣料品の製造に要する生産投入エネルギー<sup>2)</sup>より、衣料品の使用エネルギーの総和を求め、式 (1) から原油量に換算した。

衣料品一枚当りの生産投入エネルギーには基礎原料のエネルギー、電力および燃料のエネルギー、スチーム、用水などのプロセスエネルギー、原料の栽培や養蚕、牧場などの原料の生産エネルギー、輸送、設備投入エネルギーなどを含んでいなければならないから、衣料品 1 枚当りの生産投入エネルギーとして文献<sup>2)</sup>の値を採用し次式によって求めた。

$$\begin{aligned} & \text{生産投入エネルギー} [10^3 \text{ kJ}] \\ & = \text{年数} \times \text{使用頻度} [\text{枚/年}] \\ & \quad \times 1 \text{ 枚当りの生産投入エネルギー} [10^3 \text{ kJ/枚}] \end{aligned} \quad (11)$$

上式から求めた生産投入エネルギーを第 2 節の式 (1)

Table 2. The amount of produced CO<sub>2</sub> for articles of clothing and the number of planting cedars

年齢区分	使用品目	使用頻度 [枚/年]	生産投入エネルギー [10 <sup>8</sup> kJ]	原油量 [kg]	CO <sub>2</sub> 量 [kg]	杉の本数 [本/年]
幼児 0-3才	ベビー服	6.0	154.80	62.05	193.39	0.10
	肌着	5.0	19.20	7.70	24.00	0.01
	オムツカバー	3.0	14.28	5.72	17.83	0.01
	小計	14.0	188.28	75.47	235.22	0.12
男児 4-12才	肌着—パンツ	7.0	90.09	36.11	112.54	0.06
	トレーニングウェア	1.0	77.40	31.03	96.71	0.05
	シャツ	2.0	64.44	25.83	80.50	0.04
	肌着—シャツ	7.0	60.48	24.24	75.55	0.04
	セーター	1.0	58.05	23.27	72.52	0.04
	スポーツシャツ	1.0	49.41	19.81	61.74	0.03
	オーバーコート	0.5	48.38	19.39	60.43	0.03
	トップコート	0.5	40.86	16.38	51.05	0.03
	学童服	0.5	36.54	14.65	45.66	0.02
	ズボン	0.5	30.11	12.07	37.62	0.02
	スーツ	0.3	27.73	11.12	34.66	0.02
	靴下	6.0	25.92	10.39	32.38	0.02
	上着	0.3	22.57	9.05	28.21	0.01
	その他	2.3	10.27	4.12	12.84	0.00
小計	29.9	642.25	257.46	802.41	0.41	
少年 13-19才	シャツ	3.0	95.13	38.13	118.84	0.06
	ブレザー	1.0	90.30	36.20	112.82	0.06
	トレーニングウェア	1.0	78.54	31.48	98.11	0.05
	ズボン	1.0	73.57	29.49	91.91	0.05
	肌着—パンツ	5.0	66.85	26.80	83.53	0.04
	オーバーコート	0.5	63.53	25.47	79.38	0.04
	セーター	1.0	53.48	21.44	66.82	0.03
	スポーツシャツ	1.0	51.80	20.76	64.70	0.03
	肌着—シャツ	6.0	40.32	16.16	50.37	0.03
	トップコート	0.5	36.79	14.75	45.97	0.02
	レインコート	0.3	32.61	13.07	40.73	0.02
	靴下	6.0	30.24	12.12	37.77	0.02
	学生服	0.5	30.94	12.40	38.65	0.02
	その他	2.6	21.54	8.64	26.92	0.01
小計	29.4	765.64	306.91	956.52	0.48	
成人 20-80才	礼服・背広	1.5	2098.10	841.02	2,621.18	1.33
	制服・白衣	1.0	1063.84	426.44	1,329.07	0.68
	シャツ	3.0	828.99	332.30	1,035.67	0.53
	トレーニングウェア	1.0	684.42	274.35	855.06	0.43
	ズボン	1.0	641.11	256.99	800.95	0.41
	肌着—パンツ	5.0	582.55	233.52	727.80	0.37
	オーバーコート	0.5	553.58	221.90	691.59	0.35
	セーター	1.0	466.04	186.81	582.22	0.30
	スポーツシャツ	1.0	451.40	180.94	563.93	0.29
	作業服	1.0	422.73	169.45	528.12	0.27
	肌着—シャツ	6.0	351.36	140.84	438.95	0.22
	トップコート	0.5	320.56	128.50	400.49	0.20
	レインコート	0.3	284.20	113.92	355.05	0.18
	靴下	6.0	263.52	105.63	329.21	0.17
その他	2.8	539.55	216.28	674.07	0.34	
小計	31.6	879,551.95	3,828.89	11,933.36	6.07	
合計		881,148.12	4,468.73	13,927.51	7.08	

Table 3. Examples of daily necessities

台 所 用 品	鍋, お玉, フライ返し, 箸, 茶碗, 御碗, まな板, 包丁, フライパン, ヤカン, ナイフ, フォーク, スプーン, グラス, カップ, シャモジ, スポンジ
生 活 用 品	ハブラシ, ハサミ, シャンプー, リンス, バケツ, タオル, バスタオル, トイレットペーパー, ティッシュペーパー, 歯磨き粉, 安全剃刃, 石鹸, 中性洗剤, 粉洗剤, 柔軟剤
文 房 具	シャープペンシル, ボールペンシル, ノート, シャープペンの芯, 消しゴム, 下敷
寝 具	布団一式, 座布団

によって原油量 [kg] に換算し, 発生する CO<sub>2</sub> の放出量を式 (4) より求め, 式 (5) より杉の植樹本数を算出し, それぞれ各衣料品ごとに Table 2 に示した。よって一生の CO<sub>2</sub> の放出量は約 14 t, 吸収には約 7 本必要である。

### (3) 日用品

生活するのに最低限必要と考えられる日用品として Table 3 のように分割して検討した。

日用品の生産に要する消費エネルギーを算出するために, 各々の製品の寿命を考慮し, 80 年間にわたった個々の日用品の使用量を文献<sup>1)</sup> より卸値から予想することにした。すなわち, 同文献によれば卸値とエネルギー単位の関係は次式によって表される。

$$\begin{aligned} & \text{エネルギー原単位} \\ & = \text{エネルギー消費額} \div \text{卸値} \end{aligned} \quad (12)$$

よって日用品総消費量を卸値の合計で表すと,

$$\begin{aligned} & \text{エネルギー消費額 (円)} \\ & = \sum \text{エネルギー原単位} \times \text{日用品消費量 (円)} \end{aligned} \quad (13)$$

グループ別の日用品について算出したエネルギー総消費量をまとめて Table 4 に示した。

エネルギー総消費額からエネルギー量 (電気量 kWh) を求めるために, 生産された商品はすべて電気 (原油に

よる火力発電)のみを用いたものと仮定した。ここで, 製造業に供給される電気の価格は, 0.0906 [kWh/円] であるとした。また, 式 (2) から生産に要したエネルギー量を消費電力から原油量に換算した。

つぎに式 (4) から, 製品を生産した時に生じたおおよその CO<sub>2</sub> の放出量, およびそれを吸収するために必要な杉の本数を式 (5) より求め, Table 4 に示した。

以上により私たちが 80 年間に消費する日用品と CO<sub>2</sub> の放出量, および必要樹木数を求めた。CO<sub>2</sub> の放出量は 1,285 kg, 必要樹木数は約 1 本であった。

### (4) 食料品 (原材料)

食料品におけるエネルギーの消費量を考えるとき, 食料品の原材料を育てるために必要な肥料, 農薬, 蓄産および鮮魚餌料, 輸送の燃料などの原材料にかかるエネルギーと, 食料を製品にするまでにかかる加工エネルギーの二種類に分類することができる。後者については次節で扱う。

モデルとしてある一日の献立を Table 5 のように仮定し, 生まれてから死亡するまでの 80 年間食べ続けるものとした。Table 5 は年齢によって (1) 0~3 歳未満の時および (2) 3 歳以上の時に分類し, (1) の場合には, 1 日 5 回 3 種類を交互に食べ, (2) の朝食は, 和食と洋食を隔日交互に食べるものとし, 3 歳以上 5 歳未満のときは, (2) に示した献立の三分の一の量を食べるもの

Table 4. The number of planting cedars used for the energy of manufacturing daily necessities

	日用品消費量 [円/80年]	エネルギー総消費額 [円/80年]	原油量 [kg/80年]	CO <sub>2</sub> 量 [kg/80年]	杉の本数 [本/年]
台 所 用 品	625,700	4,353	54.77	169.81	0.0864
生 活 用 品	1,267,080	18,736	235.66	730.6	0.371
文 房 具	44,880	768	9.60	29.94	0.0152
寝 具	374,400	9,098	114.44	354.75	0.1803
総 計	232,060	32,955	414.47	1285.03	0.6529

Table 5. The assumed menu in a day

(1) 0才～3才未満の時（1日5回 3種類を交互に食べる）

毎 日	粉ミルク（10g）、ヨーグルト（1個）、母乳*
(2) 3才以上～80才の時（3才～5才未満は、献立の1/3の量）	
朝 食	ご飯…米（140g） 味噌汁…わかめ（30g）、味噌（2.5g） 漬物…きゅうり（0.4本）、塩（0.02g） 果物…ミカン（1個）
	食パン（3枚） マーガリン（8g） 牛乳（0.25l） ハムエッグ…卵（1個）、ハム（3枚）、ソース（4ml）、キャベツ（1/10個）
昼 食	ご飯…米（140g） 魚…ブリ（80g・1枚）、醤油（3ml）、大根（1/15本） 味噌汁…豆腐（0.2丁）、味噌（2.5g）
夕 食	ご飯…米（140g） ステーキ…牛肉（200g）、ポテト（50g）、塩（0.02mg） コーンスープ（1袋）
そ の 他	ジュース類（0.3本）、カップラーメン（0.1個）、缶詰類（0.1個） お菓子類（0.15袋）

注：1）\* 印の商品は、計算の対象としない。

2）上記の商品のうち種類が多いものは、次のように指定した。味噌（1kg）、塩（1kg）、ソース（0.5l）、醤油（1l）、食パン（8枚切）、コーンスープ（4袋）、米（1kg）、ブリ切り身（240g・3枚）、わかめ（300g）、きゅうり（5本）、ハム（5枚）、卵（10個）、ヨーグルト（3個）、ミカン（8個）、粉ミルク（980g）、ジュース（350ml）、菓子（1袋84g）、ポテト（85g）のものとする。

と仮定した。

原材料に用いられるエネルギーは、それぞれの原材料の1kg当りの生産に使用されるエネルギー、および輸送に使用されるエネルギーすなわち輸送燃料使用量とした。

生産に用いられるエネルギー量は、各食品の1kg当りの生産に使用されるエネルギーに、人が一生に消費する量を乗じて、その値を第2節の式(1)により原油量に換算し、式(4)によりCO<sub>2</sub>量を算出した。

輸送燃料使用量は、使われる材料の生産地をそれぞれ具体的に定め、そこから当地（厚木市）までの距離を求め、製品1個当りの燃料使用量を乗ずることにより求めた。これらのことを各材料について示したものがTable 6である。

以上の結果、食料品の原材料において必要な杉の植樹本数は、約25本となった。Table 6より、普段口にする原材料の中で最もエネルギーを使って生産されるものが魚であることがわかる。これは魚を養殖としたた

めであり、鮮魚餌料が全体の71%を占めていた。また輸送のためのエネルギーが非常に大きな割合を占めており、このことより近郊農業にする方が有効であることがわかった。

## (5) 食料品（加工食品）

前項で述べたように食料品の加工エネルギーは、原材料を製品に加工する過程において消費される燃料として求めた。使用燃料はすべて電力によるものとし、加工に使われる機械に関しては一切考慮にいれず、またTable 5の生野菜および卵は、加工に関してエネルギーを大量消費しているとは思われないので計算の対象外とした。

計算方法は、初めにTable 5で使う材料について、それぞれの食品について2～3社の平均値段を調べ、その80%を平均卸値(X)とし、これに、一日に食する数または割合を乗ずることにより一日のうちに使われる値段を求めた。献立の材料を製造業別に分類し整理するとTable 7のようになる。

Table 6. The amount of produced CO<sub>2</sub> for production of food materials and the number of planting cedars

項目	産地	輸送距離 [km]	一生に必要な食品量 [kg/80年]	1kg当り <sup>2)</sup> エネルギー [kJ/kg]	一生に必要なエネルギー [kJ/80年]	原油 [kg/80年]	CO <sub>2</sub> の放出量 [kg/80年]	輸送によるCO <sub>2</sub> の放出量 [kg/80年]	全CO <sub>2</sub> の放出量 [kg/80年]	杉の本数 [本/80年]
米	新潟・新潟	350	9,581	9,487	90,897,714	1,206	3,759	3,335	7,094	3,605
粉ミルク	神奈川県・相模原	20	18	7,825	140,852	2	6	5	11	0,006
ヨーグルト	神奈川県・相模原	20	183	7,825	1,431,999	19	59	5	64	0,033
わかめ	神奈川県・三浦 <sup>4)</sup>	60	411	8,746	3,594,699	48	149	117	266	0,135
きゅうり	埼玉県・川越	70	684	12,095	8,302,073	110	342	135	477	0,242
みかん	神奈川県・小田原	50	2,053	3,245	6,661,513	88	274	95	369	0,188
小麦・パン	群馬	150	1,232	6,184	7,618,569	101	314	286	600	0,305
牛乳	神奈川県・相模原	20	3,422	7,825	26,777,592	336	1,108	40	1,140	0,579
牛卵	神奈川県・相模原	20	821	22,123	18,163,025	241	752	40	792	0,402
きやべつ	埼玉県・川越	70	548	1,151	631,244	8	25	135	160	0,081
ハマ	群馬	150	274	36,475	9,994,260	132	412	286	698	0,355
マーガリン	北海道・旭川 <sup>3)</sup>	1,200	110	7,825	860,764	12	37	2,127	2,164	1,100
魚(ぶり)	神奈川県・相模湾 <sup>4)</sup>	60	2,190	150,624	329,867,254	4,375	13,635	233	13,868	7,047
大豆	埼玉県・川越	70	6,881	959	6,597,345	24	272	268	540	0,274
大豆・豆腐	北海道・十勝 <sup>3)</sup>	1,200	5,505	8,030	44,206,705	586	1,826	4,257	6,083	3,091
牛	三重・松坂	400	5,505	36,475	200,797,086	2,663	8,300	1,523	9,823	4,991
牛	北海道・十勝 <sup>3)</sup>	1,200	1,376	5,778	7,950,230	105	328	4,257	4,585	2,330
合計		5,110	48,794	332,132	764,492,984	10,056	31,598	17,144	48,734	24,764

注：1) Table 5 に使われている材料のうち加工度の高いものは除外した。

2) 船・18海里/時：31/時；車・2km/1で全てにおいて適用する。

3) 輸送距離の内100kmは船輸送。

4) 0.9海里の船輸送を加えた距離を用いた。

5) 製品1個当りの燃料使用料の換算は、トラックのカーゴの容積18m<sup>3</sup>・製品1個の占める容積2.7×10<sup>-5</sup>・トラック全体における製品の占める割合70%として求めた。



Table 7. The price used for the menu of Table 5 in a day

(1) 0~3才未満の時		
その他の製造業	粉ミルク (22.9), ヨーグルト (79)	合計 101.9 円
(2) 3以上~80才の時		
畜産食料品製造業	牛肉 (956), ハム (75.2)	合計 1031.2 円
水産食料品製造業	ブリ (145), わかめ (7.3)	合計 152.3 円
野菜・果実・ 農産食料缶詰製造業	缶詰類 (21.6)	合計 21.6 円
調味料製造業	味噌 (4.38), 塩 (0.00363), 醤油 (1.134), ソース (0.896)	合計 6.41 円
パン・菓子製造業	食パン (46.5), お菓子類 (11.73)	合計 58.23 円
飲料製造業	ジュース類 (24), 牛乳 (19.1)	合計 43.1 円
その他の製造業	米 (154), 豆腐 (15.25), ポテト (56.5), マーガリン (2.74), カップラーメン (10.68)	合計 289.13 円

注：1) 生野菜・卵は、加工に関しては、計算の対象外として考えた。

2) ( ) 内の数字の単位 (円)

ここで、文献<sup>1)</sup>所載の選定調査対象業種名とエネルギー原単位 ( $E/X$ ) に関するデータを参考にした。製造業別によるエネルギー合計使用額は、式 (12) によって求め、その結果を Table 8 にまとめた。

Table 8 における各々のエネルギー合計使用額の総計 (円) は、電力料金を換算値 0.0906 [kWh/円] として求めた。ここで求めた消費電力量 [kWh] を第 2 節の式 (2) より原油量 [kg] に換算し、式 (4) により CO<sub>2</sub> 量へ、また杉の植樹本数への換算についても式 (5) によって求め Table 9 に示した。

その結果、加工に使われるエネルギーによって放出される CO<sub>2</sub> を吸収させるためには、約 15 本の杉の木を

育てなければならぬことがわかった。また、Table 7 および Table 8 からわかるように、本項で試算した加工食品のうち最もエネルギーを消費しているものは、畜産食料品である。したがって、今後これらの摂取量を減らすことにより、加工食料品に要する杉の植樹本数を少なくできると思われる。

#### (6) 住居

本来、住居というものは、一軒を一人で使うことは少ないが、本研究では 2DK を一生 (80 年間) のうちに一人で一軒建てるものとして試算を行う。

本研究の試算における条件を Table 10 に示し、平面概略図を Fig. 1 に示した。

Table 8. Total price of energy for manufacturing foods

項目	加工エネルギー相当額 = 値段 × 日数 × 年 × エネルギー原単位	
畜産食料品製造業	$1031.2 \times 365 \times 75 \times 0.0136$	383,916 円
水産食料品製造業	$152.3 \times 365 \times 75 \times 0.0135$	56,284 円
野菜・果実・ 農産食料缶詰製造業	$21.6 \times 365 \times 75 \times 0.0169$	9,993 円
調味料製造業	$6.41 \times 365 \times 75 \times 0.0262$	4,597 円
パン・菓子製造業	$58.23 \times 365 \times 75 \times 0.0232$	36,982 円
飲料製造業	$43.1 \times 365 \times 75 \times 0.0121$	14,276 円
その他の製造業	$(289.13 \times 365 \times 75 + 101.9 \times 365 \times 3) \times 0.0311$	249,625 円
	合計額	775,673 円

Table 9. The number of planting cedars used for the processing energy

合計使用額 [円/80年]	電力量 [kWh/80年]	原油 [kg/80年]	炭素量 [kg/80年]	CO <sub>2</sub> の放出量 [kg/80年]	杉の植樹本数 [本/年]
775,673	70,276	9,588	8,150	29,883	15.18

試算においては、各々の資材の製造エネルギーのみを考慮し、運搬エネルギー、仮設機械エネルギー、建設直接搬入エネルギーについては対象としなかった。製造エネルギーの詳細は Table 11 に示し、その部材ごとの割合を Fig. 2 に示す。ここで表中のエネルギー原単位は、文献<sup>2)</sup>によった。

なお住居の保守については、一生の間に畳替えを 8 回、外壁塗料の塗り替えを 8 回行うものとし、製造エネルギー中に含めた。

以上の条件に基づき試算を行った結果、住居にかかるエネルギーは 604,009 MJ となりそのエネルギーを式 (1) によって原油に換算すると 13,813.1 kg を必要とし、その原油が完全燃焼することにより発生する CO<sub>2</sub> の量は式 (4) から 43,050.8 kg となる。その CO<sub>2</sub> を吸収するために必要な杉の植樹本数は式 (5) より 21.88 本となる。

これだけの本数の杉を 3 m 間隔で植樹すると 197 m<sup>2</sup> の土地が必要となり、これは住居の面積の 4 倍以上になる。

また本研究では試算した住居と同一の間取りを持つ木造モルタル住宅についても試算を行ったが、その場

合には一軒当りの放出する CO<sub>2</sub> の量が鉄筋コンクリート造の場合の約 1/6 の CO<sub>2</sub> 量で済むことがわかった。しかしながら木造モルタル住宅の場合は、耐用年数が鉄筋コンクリート造の 1/3 のため、一生分の CO<sub>2</sub> 量で考えると約 1/2 になる。また木造モルタル住宅の場合、解体後はほとんどの部材が焼却され CO<sub>2</sub> 発生の原因となるので、一概に木造住宅の方が CO<sub>2</sub> の放出量が少ないとはいえない。

#### (7) ガス

日常家庭で都市ガスを使用することから発生する CO<sub>2</sub> 量を試算した。計算方法としては、使用器具をガス湯沸器、ガス風呂、ガステーブルの 3 種類に定め、各機器の容量に基づいて使用回数、使用時間、使用日数などから一年間のガス使用量を求めた。さらに実際に

Table 10. Synopsis of the residence

項目	摘要
造作間取り	鉄筋コンクリート造 集合住宅
床面積	2DK 47.85 m <sup>2</sup>
内部仕上げ	
床	フローリング、畳
壁	ビニールクロス貼
天井	板貼
建築設備	
電気設備	配管、配線、スイッチ、コンセント
給排水	上水道、下水道と連結
浴室	ユニットバス
造作家具	不足箱、流し台、調理台等

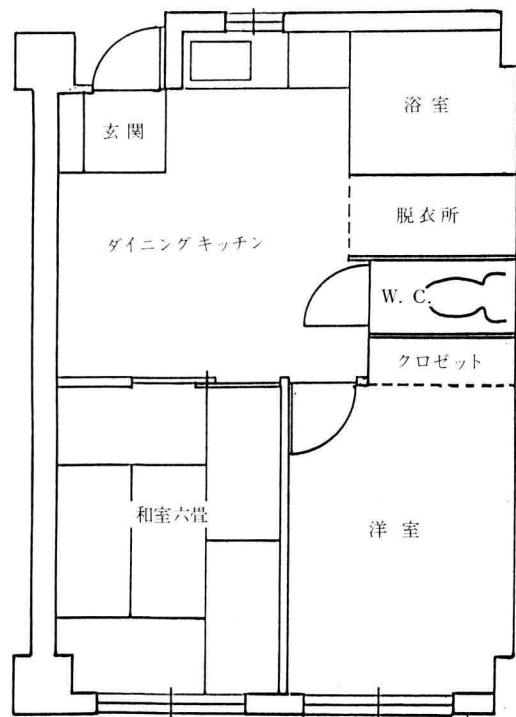


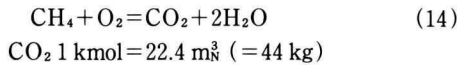
Fig. 1. Rooms of an assumed residence

Table 11. The amount of produced CO<sub>2</sub> for building the residence and the number of planting cedars

項目	使用量	エネルギー原単位	エネルギー換算量 [MJ/80年]	割合 [%]	原油量 [kg/80年]	CO <sub>2</sub> 放出量 [kg/80年]	杉の本数 [本/年]	備考
構造用部材								
コンクリート	69 m <sup>3</sup>	2,763.29 MJ/m <sup>3</sup>	190,667	31.6	4,360.4	13,589.9	6.91	
鉄筋	10,512 kg	30.98 MJ/kg	325,662	53.9	7,448.2	23,213.6	11.80	
アルミサッシ	70 kg	305.94 MJ/kg	21,416	3.5	489.8	1,526.5	0.78	
ガラス	17.5 kg	15.85 MJ/kg	277	0.0	6.3	19.6	0.01	
木材	1.5 m <sup>3</sup>	1,472.50 MJ/m <sup>3</sup>	2,209	0.4	50.6	157.7	0.08	
量	11.9 m <sup>3</sup>	1,472.50 MJ/m <sup>3</sup>	17,523	2.9	400.7	1,248.8	0.63	
外壁塗料	114 kg	92.11 MJ/kg	13,264	2.2	303.3	945.3	0.48	
構造用部材 小計			571,042	94.5	13,059.3	40,701.5	20.68	量替え8回を含む 塗り替え8回を含む
電気設備								
分電盤, コンセント	12 kg	61.96 MJ/kg	744	0.1	17.0	53.0	0.03	
電線	9 kg	92.11 MJ/kg	829	0.1	19.0	59.2	0.03	
配管	100 kg	30.98 MJ/kg	3,098	0.5	70.9	221.0	0.11	
電気設備 小計			4,672	0.8	106.9	333.2	0.17	
給排水設備								
給水管	30 kg	30.98 MJ/kg	929	0.2	21.3	66.4	0.03	
排水管	100 kg	30.98 MJ/kg	3,098	0.5	70.9	221.0	0.11	
洗面器, 便器	121 kg	22.50 MJ/kg	2,723	0.5	62.2	193.9	0.10	
給排水設備 小計			6,749	1.1	154.3	480.9	0.24	1組
厨房設備								
流し台, 調理台	100 kg	30.44 MJ/kg	3,044	0.5	69.6	216.9	0.11	1組
レンジフード換気扇	14 kg	61.96 MJ/kg	867	0.1	19.8	61.7	0.03	1組
厨房設備 小計			3,910	0.6	89.4	278.6	0.14	
浴槽設備								
ユニットバス	240 kg	61.96 MJ/kg	14,870	2.5	340.1	1,060.0	0.54	1組
浴槽設備 小計			14,872	2.5	340.1	1,060.0	0.54	
その他								
壁紙	30 kg	92.11 MJ/kg	2,763	0.5	63.2	197.0	0.10	
その他 小計			2,763	0.5	63.2	197.0	0.10	
合計			604,009		13,813.2	43,051.1	21.88	

使用したガス量があるモデルとした家の実際のガス使用量に関するデータと比較し、最終的な使用量を算出した。個々の使用器具に関するガスの使用量を Table 12 に示す。

ガスは都市ガスのみとし、天然ガスを使用しているものと仮定し、メタンガスの燃焼式を用いて、CO<sub>2</sub>の発生量を算出した。



すなわち、メタンガス 1 kmol を完全燃焼させたときに 1 kmol (=44 kg) の CO<sub>2</sub> が生成される。

ガス使用量の合計から換算係数 41,868 J/m<sup>3</sup> を使って換算し、式 (1) より CO<sub>2</sub> 量を求めると Table 12 のようになる。よって、ガス使用量から CO<sub>2</sub> 量を求めて一年間に植えなければならない杉の植樹本数は次のようになる。

$$882.49 \text{ [kg/年]} \div 24.6 \text{ [kg/本・年]} = 35.87 \text{ [本]}$$

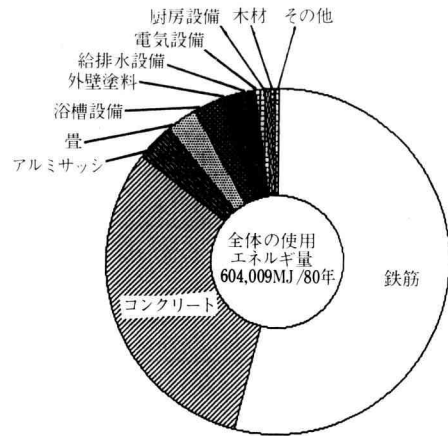


Fig. 2. Ratio of used energy

Table 12. Consumption volume of fuel gas for a year

ガス器具の種類	ガス使用量	CO <sub>2</sub> 量 [kg/年]
ガス小型湯沸器： 使用回数 4 回/日， 使用時間 5 分/回， 使用日数 365 日 容量 9,500 kcal/h,	4.840 × 10 <sup>6</sup> J	—
ガス風呂： 使用回数 0.7 回/日， 所要時間 30 分/回， 使用日数 365 日 容量 21,500 kcal/h, 追いだき 15 分/回	1.397 × 10 <sup>7</sup> J	—
ガステーブル： 平均使用日数 320 日， 使用時間 30 分/回， 使用回数 2 回/日 容量 2 ロコンロ付 2,500 kcal/h	3349 J	—
合 計	1.881 × 10 <sup>7</sup> J	882.49

Table 13. Manufacturing energy of gas utensils

	価格 [円] × 個数	一生に必要な費用 [円]	エネルギー* [MJ]	CO <sub>2</sub> 量 [kg/年]	杉の本数 [本/年]
小型ガス湯沸器	30,000 × 8	240,000	22.92	22.69	0.92
ガス風呂	100,000 × 8	800,000	76.40	75.63	3.07
ガステーブル	40,000 × 8	320,000	30.56	30.25	1.23
合 計		1,360,000	129.88	128.57	5.22

\* 評価額と産業連関表の「民生用機械」部門の全エネルギー集中度<sup>1)</sup> 22.81 kcal/円を用いて算定する。

これは一家族4人の値であるので、一人当りになおして計算すると8.97本となる。

また、一生に用いるガス器具の生産のために放出されるCO<sub>2</sub>の量を求めるとTable 13のようになった。以上の試算結果より、人が一生の間にガス(ガス器具)を用いて放出するCO<sub>2</sub>の量は

$$882.49 \text{ [kg/年]} + 128.56 \text{ [kg/年]} = 1011.05 \text{ [kg/年]}$$

となり、それに対応する杉の本数は41.10本であり、これは一家族4人での値として一人当りとする10.28本となる。

#### (8) 電化製品（電力）

日常生活に使用している電化製品についての全投入エネルギー（材料、製造、使用、輸送に費やされるエネルギー）を電力量として求める。

試算に際しては、次のような仮定に基づいて行った。すなわち、電化製品として使用頻度、普及率の高いものをTable 14に示すように12種類選びだした。これらの電化製品の消費電力つまり使用エネルギーは、全投入エネルギーの80~90%を占めるという報告<sup>2)</sup>から、使

Table 14. Quantities of electric power for personal electric appliances

	電力 [W]	使用時間 [h]	電力量 [Wh]
TV	83	2	166
ビデオ	24	1	24
冷蔵庫	42	24	1008
洗濯機	105	0.25	26.25
ラジオカセット	28	2	56
掃除機	490	0.1	49
髭剃り	5	0.05	0.25
炊飯器	310	1	310
蛍光灯*1	38/28	10	660(3個)
コタツ	197	5	985
扇風機	38~43	5	215
空調機暖房	1970	5	9850
空調機冷房	1720	5	8600

\*1 蛍光灯はキッチンで3時間、リビングで6時間、寝室で1時間使用することとする。

用エネルギーは全投入エネルギーの80%を占めるものとし、寿命は関係ないものとして算出した。Table 15はTable 14の1日あたりの使用電力量より80年間の電力量を求め、第2節の方法により原油量、CO<sub>2</sub>の放出量、杉の植樹本数を求めたものである。

結論として、Table 15より、45.53本の杉の植樹によって、80年間分の電化製品に関する全投入エネルギーの生成の際に放出されるCO<sub>2</sub>を吸収することができる。この対策としては、消費電力の大きい空調機などの使用を控え、節電に努めることが必要である。

#### (9) 上下水道

水道は、蛇口をひねれば水が出てくるが、このためにはポンプで水を送らねばならないし、使用した水を処理するにもエネルギーが必要である。水道は公共施設であるから、その建設、維持に必要なエネルギーは考えないこととし、その運営に必要なエネルギーについてのみ考慮する。

Table 15. The amount of converted petroleum and planting cedars to absorb CO<sub>2</sub>

	原油量 [kg/80年]	CO <sub>2</sub> 量 [kg/80年]	杉の本数 [本/年]
TV	841.2	2621.6	1.332
ビデオ	121.6	379.0	0.193
冷蔵庫	5107.9	15959.5	8.089
洗濯機	133.0	414.6	0.211
ラジオカセット	283.8	884.4	0.449
掃除機	248.3	773.9	0.393
髭剃り	1.3	3.9	0.002
炊飯器	1570.8	4895.8	2.488
蛍光灯	3344.5	10423.2	5.296
コタツ*2	1247.8	3889.1	1.976
扇風機*2	272.3	848.8	0.431
空調機暖房*3	8319.1	25926.5	13.173
空調機冷房*3	7263.4	22636.3	11.501
合計	28755.0	89616.6	45.534

\*2 コタツと扇風機は1年のうち2ヶ月使用することとする。

\*3 空調機は夏と冬に2ヶ月ずつ使用することとする。

水の全体の供給量の中には、工場などの生産段階で使用されるものも含まれているので家庭の使用量についてのみ考察した。家庭の水道使用量を調査した結果、2ヶ月間の平均使用量は34.3 [m<sup>3</sup>]となった。4人家族がモデルなので1人1年当りの水道使用量は、

$$34.3 \text{ [m}^3/\text{月]} \times 12 \div 2 \div 4 \text{ [人]} = 10.2 \text{ [m}^3/\text{人} \cdot \text{年]} \quad (15)$$

となって、下水道にはこれと同量の排水が流されるものとする。

水道供給に必要なエネルギーは、揚水や浄水などで使われる電力である。昭和55年度に東京都全体でそのために使用された電力と、そこからの総供給水量<sup>6)</sup>をTable 16に示す。Table 16からわかるように総供給量の約20%が無効水量となっており蛇口に届く水は全体の約80%に過ぎない。Table 16に示した値より蛇口から水1 m<sup>3</sup>を得るのに必要なエネルギーを求めると、

$$700,961,944 \text{ [kWh]} \div 1,413,810,000 \text{ [m}^3] = 0.496 \text{ [kWh/m}^3] \quad (16)$$

となる。

下水道でもポンプ場や下水処理場で電力が使われる。昭和55年度1年間に東京都のポンプおよび下水処理施設における消費電力および下水処理施設における下水処理量<sup>7)</sup>をTable 17に示した。これから下水道1 m<sup>3</sup>を処理するのに必要なエネルギーを求めると、

$$(60,012,250 + 425,947,302) \text{ [kWh]} \div 1,542,632,530 \text{ [m}^3] = 0.315 \text{ [kWh/m}^3] \quad (17)$$

となる。

式(16)および式(17)より、1人の人間が1年間に上下水道を使用するのに必要なエネルギー量は、

$$(0.496 + 0.315) \text{ [kWh/m}^3] \times 10.2 \text{ [m}^3/\text{年]} = 8.27 \text{ [kWh/年]} \quad (18)$$

Table 16. The supply volume of the tap water and the consumption volume of electric energy in the provisions of the water-works<sup>6)</sup>

水道水供給量	有効水量	1,413,815 [m <sup>3</sup> ]
	無効水量	351,012 [m <sup>3</sup> ]
	合計	1,764,822 [m <sup>3</sup> ]
総消費電力		700,961,944 [kWh]

(昭和55年度、東京都全体)

Table 17. The disposition volume of the water of the drains and the consumption volume of electric energy in these provisions<sup>7)</sup>

下水処理量		1,542,632,530 [m <sup>3</sup> ]
消費電力	ポンプ場	60,012,250 [kWh]
	下水処理場	425,947,302 [kWh]
	合計	485,949,552 [kWh]

(昭和55年度、東京都全体)

となる。この電力量を第2節の式(2)を用いて原油量に換算すると、

$$(8.27 \text{ [kWh/年]} \times 3600 \text{ [kJ/kWh]} \div 0.35 \times 0.58) \times 43726 \text{ [kg/kJ]} = 1.129 \text{ [kg/年]} \quad (19)$$

さらにCO<sub>2</sub>量に換算して、

$$1.129 \text{ [kg/年]} \times 0.85 \text{ [kg/kg]} \times 44 \div 12 = 3.516 \text{ [kg/年]} \quad (20)$$

となる。よって一生水道を使うのに必要な杉の植樹本数は、

$$3.516 \text{ [kg/年]} \div 24.6 \text{ [kg/年} \cdot \text{本]} = 0.142 \text{ [本]} \quad (21)$$

となった。

本研究では個人の使用量に対応したエネルギー量からの杉の植樹本数を算出したため、本項での数値が他項目に比べて少量になった。上下水道の場合、その設備の建設や維持に必要なエネルギー量がかなり大きなものとなると考えられる。

#### (10) 家具

家具について、製造過程において消費されるエネルギー量を求めた。

まず、80年間に使用する家具を求めると。家具の寿命を仏壇80年、その他の家具を20年と仮定した。具体的な消費量は80年間に居間の机4個、学習机、椅子、それぞれ2個ずつ、本棚4個、箆箆4さお、食器棚4個、仏壇1個、食卓4台、椅子16脚となった。

家具の製造過程に消費するエネルギー量は、家具の定価と生産額の調査を行い、その生産額より、文献<sup>1)</sup>のエネルギー原単位の式を用いて、エネルギー消費額を算出した。なお、ここで家具および仏壇のエネルギー原単位は文献<sup>1)</sup>より、家具製造業のエネルギー原単位を1.32%、宗教用具製造業のエネルギー原単位を1.21%として算出し、それらの結果をTable 18にまとめた。

最初に仮定した家具全部のエネルギー消費額の合計は7444円となった。エネルギー消費額を全て電気料金として、消費電力を求める。工場の電気料金は、一般家庭の電気料金の半額0.0906[kWh/円]とした。

$$\begin{aligned} \text{消費電力} &= 7444 [\text{円}] \times 0.0906 [\text{kWh}/\text{円}] \\ &= 701.6 [\text{kWh}] \end{aligned} \quad (22)$$

ここで求めた消費電力量より第2節の式(2)を用いて原油の使用量を求めると95.7[kg]となり、さらに第2節の式(4)を用いて、放出されるCO<sub>2</sub>の量を求めると298.1[kg]となった。このCO<sub>2</sub>の量を吸収させるために必要な杉の本数は第2節の式(5)より求め、すなわち、最初に仮定した家具全部を加工するのに必要な杉の植樹本数は、0.15本となった。

次に家具を製作する時に消費する木材の量を算出した。家具は多種多様の木材を使用するが、ここでは体積のみを考慮し、その材質も杉材と仮定した。家具一個当りに材料として必要な杉の本数はTable 19に示すとおりである。杉材一本の体積は、杉の長さを10m、直径を60cmと仮定し2.83m<sup>3</sup>とした。仮定した家具全ての木材使用量の合計は、2.31m<sup>3</sup>となる。したがって、一生の間に消費する家具全てを作るのに材料として必要な杉の木は0.82本に相当する。家具一個当りの生産に必要な杉の本数をTable 20に示した。また、一生において家具に必要な杉の本数をTable 21に示した。

Table 18. The energy consumption cost for a piece of furniture

品名	定価 [円]	生産額* [円]	エネルギー 消費額 [円]
居間の机	30,000	12,000	158
学習机	50,000	20,000	264
椅子	20,000	8,000	106
本棚	20,000	8,000	106
箆筒	55,000	22,000	290
食器棚	40,000	16,000	211
食卓	32,000	12,800	169
椅子	10,000	4,000	53
仏壇	500,000	200,000	2,420

\* 調査により生産額は定価の4割とした。

Table 19. The number of planting cedars for a piece of furniture as material

品名	木材使用量 [m <sup>3</sup> ]	杉の木 [本]
居間の机	0.03018	0.0106
学習机*	0.0632	0.0224
本棚	0.09768	0.0346
箆筒	0.15525	0.0550
食器棚	0.1136	0.0402
食卓	0.02918	0.0104
椅子	0.02464	0.0088
仏壇	0.0864	0.0306

\* 学習机用の椅子はスチール製と仮定している  
ので、木材を使用していない。

た。

家具の加工に必要な杉の本数0.15本と材料として必要な杉の本数0.82本を合わせて、80年間で0.96本の杉の木を植えなければならない。家具は、大部分が木材によって製作されるため、必要とする杉の本数も大きくなるものと予想されたが、加工にかかるエネルギー量が少なくすんだため0.96本と少ない本数となった。

#### (II) 輸送機関

輸送手段は多岐にわたっており、その動力源としてガソリン、電力など、また自転車、自動車などの生産に要するエネルギーなど、関連する消費エネルギーは多い。輸送のために消費されたエネルギー量[kJ]の大部分は、原油を燃焼させて得られたものと考え、消費されたエネルギーとそれに値する原油量の換算率を39,348 kJ/lとして原油量を求めた。また、自動車のガソリンのように、直接、化石燃料を消費する場合には原油換算を行わず、それぞれ後述する方法により計算した。

まず、輸送機器の生産に費やされるエネルギーについて算出した。ここで考慮するものは、輸送機器の生産に伴って直接、消費したエネルギー(直接投入エネルギー)であり、工場の設備等に消費したエネルギーは含まれない。なお、ここでは公共機関の機器は、個人の所有物ではないので、計算の対象とはしなかった。

自動車一台分の直接投入エネルギーは約 $9.986 \times 10^6$  kJ<sup>2)</sup>であり、その他の輸送機器に関する直接投入エネ

Table 20. The amount of produced CO<sub>2</sub> for producing a piece of furniture as material and the number of planting cedars

品名	使用エネルギー [kJ/80年・個]	原油換算量 [kg/80年・個]	CO <sub>2</sub> 量 [kg/80年・個]	加工に要する 杉の本数 [本/80年・個]	材料としての 杉の本数 [本/80年・個]	合計 [本/80年・個]
居間の机	51533.3	2.0	6.2	0.0032	0.0106	0.0138
学習机	86106.2	3.3	10.4	0.0053	0.0224	0.0277
本棚	34573.0	1.4	4.2	0.0021	0.0346	0.0367
箆笥	94586.4	3.7	11.5	0.0058	0.0550	0.0608
食器棚	68819.8	2.6	8.1	0.0041	0.0402	0.0443
食卓	55121.0	2.2	6.7	0.0034	0.0104	0.0138
椅子	17286.5	0.6	2.0	0.0010	0.0088	0.0098
仏壇	789307.2	30.4	94.8	0.0482	0.0306	0.0788

Table 21. The number of planting cedars for furniture for eighty years

品名	個数 [個]	杉の本数 [本/年]
居間の机	4	0.0552
学習机	2	0.0448
本棚	4	0.1384
箆笥	4	0.2432
食器棚	4	0.1776
食卓	4	0.0552
椅子	16	0.1568
仏壇	1	0.0788
合計	—	0.96

ルギも、各輸送機器の重量に比例するものと仮定してエネルギー量を計算し、CO<sub>2</sub>放出量およびそれに対応する杉の植樹本数を求め、Table 22 に示した。

Table 22 より、人が一生の間に使用する輸送機器を生産するために放出されるCO<sub>2</sub>の量は、杉の木の3.69本分に値することがわかった。

次に、実際に人を輸送するために必要なエネルギー量を算出した。

バイクは原動機付自転車と考え、燃費消費率を25 km/l、2台分の全走行距離を14,000 km とし、560 l のガソリンが必要である。自動車は、自分で運転すると

きのみを考え、月平均500 km 走るとすると、全走行距離が240,000 km であり、燃料消費率を9 km/l とし、26,667 l のガソリンが必要である。

走行の際に必要なエンジンオイルは、バイクは混合比30:1で19 l、自動車が、走行5,000 km ごとに4 l 交換するとして192 l、合計211 l である。石油の精製エネルギーが3,968 kJ/l<sup>2)</sup>であり、エンジンオイルもほぼ同等と考え、211 l 分で837,248 kJ、これを第2節の式(1)により原油に換算して、21.2 l となった。

タイヤは、走行20,000 km 毎に交換し、合計48本。ゴム製品の直接投入エネルギーが2,996 kJ/kg<sup>2)</sup>であり、タイヤ一本が5.5 kg として、合計7.9×10<sup>6</sup> kJ となる。このエネルギー量を同様にして原油に換算すると、20 l となる。

さらに、公共の輸送機関の利用について計算する。この場合は、前述の通り、機器が個人所有物ではないので、運転に必要なエネルギーのみを考える。一日当りの利用機関および時間はTable 23の通りとする。

バスの利用時間を計算すると、一年で9,551.2時間となり、平均時速を40 km/h とすると、走行距離が3,184 km となる。バスの燃料消費率を2 km/l、利用時の乗客数を60人と仮定すると、一人当たり3,184 l の軽油が必要である。

電車については、利用時間が一生で11,062時間となる。モータの出力が120 kW であり、一車両につき4基搭載されており、合計480 kW、モータの効率を80%として、消費電力が600 kW となる。一車両当りの乗客数を180人とすると、一人当たり36,873 kW=132.74×



Table 22. The amount of produced CO<sub>2</sub> and the number of planting cedars for production of transportations

項 目	重 量 [kg/台]	直接投入 エネルギー [10 <sup>3</sup> kg/台]	原油換算量 [l/台]	CO <sub>2</sub> 量 [kg/台]	杉の本数 [本/台]	一生の 保有台数 [台]	一生に必要な 杉の本数 [本]
ベビーカー	6	59.9	1.5	4.25	0.002	1	0.002
自 転 車	12	119.7	3.0	8.43	0.004	4	0.016
バ イ ク	70	699.0	17.8	49.94	0.025	2	0.051
自 動 車	1000	9987.8	253.8	711.92	0.362	10	3.617
計	1088	10866.4	276.1	774.54	0.394	—	3.687

Table 23. Utilization hours of public transportations

利用期間	バ ス [分/日]	電 車 [分/日]	利用日数 [日/年]
高 校	20	40	242
大 学	20	80	202
通 勤	60	60	250

10<sup>6</sup> kJ となる。この消費電力を第2節の式(2)を用いて原油に換算すると、5,594.11となった。

なお、燃料として消費されたガソリンおよび軽油については、その比重を0.85、炭素含有量を重量比85%として、第2節に示した式(4)に基づいて計算した。以上の結果をまとめたものがTable 24である。

Table 24 から明らかのように、輸送に用いられるエネルギーによって放出されるCO<sub>2</sub>の量は、約100tと非常に多い。

また、それを吸収するために必要な杉の植樹本数も、49.23本と、Table 22 に示した本数の15倍以上になっ

ている。

以上の計算より、輸送機器の生産および輸送のエネルギーによって放出されるCO<sub>2</sub>の量は、合計で104,136 kg、杉の本数にすると、52.91本となった。

#### (12) 娯楽・趣味

娯楽・趣味の種類をTable 25のように仮定した。なお、ゴルフ場や野球場などの公共的施設に関するCO<sub>2</sub>量については含めない。

まず、Table 25 に示した商品にもとづきそれぞれの価格を調べ、式(12)にエネルギー原単位<sup>1)</sup>を代入しエネルギー消費額を求めTable 26に記した。

次に、エネルギー消費額より使用電力を求め、同様にTable 26に記した。ただし、それぞれの商品の製造に必要なエネルギーの大部分は電力によって得られるものと仮定し、エネルギー消費額が電力使用額に等しいとして計算した。また、このときの電気料金は一般家庭の半額と考え、0.0906 [kWh/円]とした。

さらに第2節の式(2)を用いて原油量を、また式(4)、式(5)を用いてCO<sub>2</sub>量および杉の植樹本数を求め、それぞれTable 26に記した。

Table 24. The amount of produced CO<sub>2</sub> and the number of planting cedars for energy used

項 目	消費エネルギー [10 <sup>3</sup> kJ/80年]	原油換算量 [l/80年]	その他換算量 [l/80年]	CO <sub>2</sub> 量 [kg/80年]	杉の本数 [本/年]
自動車・ バイク	燃 料	—	—	ガソリン・27227	36.651
	エンジンオイル	0.83	21.2	—	0.030
	タイヤ	7.91	201.0	—	0.287
バ ス	—	—	軽油・3184	8434.95	4.286
電 車	220.12	5594.1	—	15691.45	7.973
計	—	—	—	96878.54	49.227

Table 25. Kinds of amusements and hobbies

娯楽・趣味	用品 (一生での使用数)	
ゴルフ	クラブ (26本) バット (2ケ) 手袋 (25組)	ボール (150ケ) シューズ (2足)
釣り	釣竿 (4本) ライン (5,000m)	リール (3ケ)
テニス	ラケット (1本) シューズ (1足)	ボール (5ケ)
野球	グローブ (2ケ) ボール (3ケ)	バット (1本)
スキー	板 (2ケ) シューズ (2足)	ウェア (2着) ストック (2組)
子供の乗り物	一輪車 (1台) 四輪車 (1台)	三輪車 (1台)
遊具	ブランコ (1台)	滑り台 (1台)
おもちゃ*	年6ケ程度として9才まで (60ケ)	
楽器	たて笛 (1ケ)	ギター (1ケ)

\*おもちゃの消費電力は10W×200時間×10年として計算し、また乾電池は20種のおもちゃで計200個使用するものとして計算し、この値をTable 26中の使用電力に加えた。

## (13) 出版・印刷物

毎日多種多様の出版物に接し、新聞を読み、学校では数々の参考書等を使って勉強する。通勤通学中や家庭では小説や雑誌も読む。また、その内容や量も年齢に応じて変化していく。これらの出版、印刷物を新聞とそれ以外の図書に分けて考察し、図書については、さらにその種類と使用年齢をそれぞれグループに分けて、全体の消費量を算出した。

新聞は一人暮らしでも一紙読むものだから毎日一紙を読むものとし、購読年齢を11歳からとする。朝刊は連休などの特別な日を除いて毎日配達されるが、夕刊は日曜日(51日/年)と国民の休日(14日/年)は休刊なので一年間の消費部数は、

$$365 + \{365 - (51 + 14)\} = 665 \text{ [部]} \quad (23)$$

となる。購読期間は70年となるから一生の消費部数は、

$$665 \times 70 = 46550 \text{ [部]} \quad (24)$$

となる。

図書については、教科書などの「参考書」、小説などの「読み物」、「雑誌」、「漫画」の4つに分類した。さらに年齢を幼児(0歳~5歳)、小学生(6歳~11歳)、中学生(12歳~17歳)、大学生(18歳~21歳)、社会人(22歳~80歳)の5つのブロックにわけ、それぞれの項目についての年間消費量を考察した。例えば、小学生では「参考書」として国語、算数、理科、社会の教科書が年間各2冊、音楽、図画・工作の教科書が年

Table 26. The amount of produced CO<sub>2</sub> for amusements and hobbies and the number of planting cedars

娯楽・趣味	商品の価格 [円/80年]	エネルギー 消費額 [円/80年]	使用電力 [kWh/80年]	原油量 [kg/80年]	CO <sub>2</sub> 量 [kg/80年]	杉の本数 [本/年]
ゴルフ	500,000	12,162	1,100	153	477	0.24
釣り	165,000	4,908	445	62	194	0.10
テニス	17,000	513	46	6	20	0.01
野球	16,000	416	38	5	17	0.009
スキー	370,000	13,526	1,230	171	533	0.27
子供の乗り物	20,000	1,308	119	16	50	0.03
遊具	22,000	1,386	126	17	53	0.03
おもちゃ	200,000	7,980	731	102	317	0.16
楽器	45,000	1,496	136	19	59	0.03
合計	1,355,000	43,123	3,970	551	1,720	0.87

間各1冊で、計年間10冊である。「読み物」としては伝記や童話などが月1冊で年間12冊、のように仮定してそれぞれの場合について考察した。その結果をTable 27にまとめた。これらの図書は大きさ、頁数等も千差万別であるが、すべてが同質の図書であると仮定する。仮定した図書1冊の寸法は、表紙面積は0.028 m<sup>2</sup>、重量333 g、紙面の総面積6.95 m<sup>2</sup>、総頁数333頁<sup>2)</sup>である。

Table 27の値より一生にわたった図書消費量は、

$$\begin{aligned} & (5 \times 6) + (58 \times 6) + (98 \times 6) \\ & + (115 \times 4) + (84 \times 58) \\ & = 6304 \text{ [冊]} \end{aligned} \quad (27)$$

となる。

出版・印刷物は使用時には特にエネルギーを使わないので、生産に必要なエネルギーだけを考えることとする。

新聞1部および図書1冊当りの材料生産ならびに印刷、製本に必要なエネルギー<sup>2)</sup>をTable 28に示す。

したがって一生に読む新聞および図書を生産するのに必要なエネルギーは、それぞれ、第2節の式(1)および式(4)を用いてTable 29にまとめた。これから新聞、図書を一生読むのに必要な杉の植樹本数を式(5)より求めると、それぞれ、8.70 [本/年]、8.32 [本/年]となり合計すると、17.02 [本/年]となった。

以上の結果から一生のうちに使う出版・印刷物を生産することによって生じるCO<sub>2</sub>量は、約17本と比較的多いことがわかる。新聞や雑誌の紙面に多くの広告がみられる。大量のCO<sub>2</sub>を発生させる印刷・出版物はもっと紙面の効率を上げて無駄を省く必要があるであろう。また、使用者側も図書館の利用やリサイクルにより、出版物そのものの有効活用を行うべきである。

#### (14) 森林伐採

毎年住宅用などの建築用材や紙などの加工製品を作るために、国内でもたくさんの樹木が伐採されている。

Table 27. Consumption volume of books

	参考書	読み物	雑誌	漫画	合計
幼児	0	5	0	0	5
小学生	10	12	12	24	58
中高生	15	24	24	36	98
大学生	19	36	36	12	115
社会人	0	48	36	0	84

(単位: 冊/年)

Table 28. Amount of energy for producing newspapers and books<sup>2)</sup>

	新聞 [kJ/部]	図書 [kJ/冊]
原料生産	4732.0	33634.4
印刷、製本	180.8	1064.0
合計	4912.8	34698.4

そのため本研究で目標とするように、生活によるCO<sub>2</sub>の放出量を樹木によって吸収させ、その需給のバランスを保つためには、伐採した分の樹木を植えなければならない。従って現在の樹木数(CO<sub>2</sub>の吸収力)を維持するために重要な国内における伐採量いわゆる木材生産量の調査を行った。

Table 30に、最近の日本における木材の生産量を示した。1986年の木材生産量のデータ<sup>8)</sup>を参考にして、一人当りの一年間の木材の消費量を求めると、

$$\begin{aligned} & 4.2067 \times 10^7 \text{ [m}^3\text{]} \div 121,048,923 \text{ [人]} \\ & = 0.35 \text{ [m}^3\text{/人]} \end{aligned}$$

となる。これは、杉の木を直径60 cm、長さ10 mとして一本当りの体積を2.83 m<sup>3</sup>とすると、0.12本となる。

またその他に、木材および木の製品の輸送エネルギーを含む造作仕上加工までの過程で投入されるエネルギーについても算出した。エネルギー原単位は文献<sup>9)</sup>で使用されているものを参考にして試算した。なお、この試算には国産材ばかりでなく輸入材の加工に投入されたエネルギーも含まれている。試算の結果はTable 31のようになった。すなわち、輸送や加工に用いられるエネルギーのために放出されるCO<sub>2</sub>を吸収するために、一人当たり4.33本の杉を植える必要がある。

以上の試算結果より、国内で人が一生の間に森林伐採の分に対応する杉の本数と木材製品の製造によって放出するCO<sub>2</sub>量に対応する杉の植樹本数の合計は4.45本となる。

#### (15) ゴミ

生活の中からゴミとして排出されるものを処理する際に、放出されるCO<sub>2</sub>について検討した。ただし、ここで扱うゴミは一般廃棄物に限り、産業廃棄物は含まないものとする。すなわち、住宅や自動車などを廃棄する場合には、これらは産業廃棄物とみなし、ここでは含まないものとする。

排出されたゴミは「燃えるゴミ」と「燃えないゴミ」とに分け、「燃えるゴミ」は焼却処分され、「燃えない

Table 29. The number of planting cedars to absorb CO<sub>2</sub> in a lifetime

	エネルギーの種類	エネルギー量 [kJ]	原油換算量 [kg]	CO <sub>2</sub> 量 [kg]	杉の木 [本/年]
新聞	原料生産	2.312×10 <sup>8</sup>	5288.4	16483	8.38
	印刷など	8.837×10 <sup>6</sup>	202.6	631	0.32
	小計	2.401×10 <sup>8</sup>	5491.0	17114	8.70
図書	原料生産	2.226×10 <sup>8</sup>	5091.1	15867	8.06
	印刷・製本	7.043×10 <sup>6</sup>	161.1	502	0.26
	小計	2.297×10 <sup>8</sup>	5252.2	16369	8.32
合計		4.698×10 <sup>8</sup>	16743.2	33483	17.02

Table 30. The amount of wood production in Japan<sup>(2)</sup>

生産量 (千 m <sup>3</sup> )	1966 年	1971 年	1976 年	1981 年	1986 年
全体	73396	63192	44975	39498	42067
国有林	(23571)	(21459)	(15971)	(13971)	(13003)
公有林, 私有林	(49825)	(41733)	(29004)	(25527)	(29064)
丸太生産	51023	45253	35271	31370	32944
落葉樹	(34918)	(26025)	(21388)	(20145)	(20558)
広葉樹	(16105)	(19228)	(13883)	(11225)	(12386)
伐採跡地 (千 ha)					
全体	550.3	479.5	359.6	289.4	290.8
国有林	(163.1)	(149.1)	(121.8)	(100.2)	(107.5)
公有林, 私有林	(387.2)	(330.4)	(237.7)	(189.2)	(183.3)

資料: 1988 年 1972 年まではチップ生産用の木材を除いた最終加工量のみ。  
公有林は県市町村に所管されるもの。

ゴミ」は埋立処理されるものとする。

また、これらのゴミの回収には走行燃料消費量 4 km/l の 2t 積みゴミ収集車が当たるものとする。「燃えるゴミ」は居住区域内のゴミ焼却場で処理するものと考え、1 回のゴミ収集で走る距離を 100 km と仮定した。「燃えないゴミ」はゴミを収集した後、最寄りの埋立地まで運ばなければならないので、1 回のゴミ収集で走る距離を 200 km と仮定した。

燃えるゴミに分類される各種廃棄物を焼却処分した際の 1 kg 当りの発熱量<sup>9)</sup>を Table 33 に示す。これらの単位量当りの発熱量に、一生の間に排出されるそれぞれの廃棄物の重量を乗じることによって、各種廃棄物の焼却によって放出されるエネルギー量を求めることができる。それらのエネルギー量を第 2 節で示した式 (1) および (4) によって、原油、CO<sub>2</sub> の量および杉の植

樹本数に換算し、同様に Table 33 に示した。同表により焼却によって処分される各種廃棄物の中で、最も CO<sub>2</sub> を多く放出するものは紙くず類である。これは主に新聞、雑誌、書籍などの出版物である。

一方、燃えないゴミの処理は、ゴミ収集車が埋立地までゴミを運んで行き、そこへゴミを捨ててくるだけのものとする。従って、燃えないゴミについては埋立地までの輸送エネルギーのみを考えるものとする。また、一生の間に廃棄される燃えないゴミの量を Table 34 に示した。

次にこれらのゴミの輸送に費やされるエネルギーを算出した。燃えるゴミをすべて収集するためには、燃えるゴミの量が約 15.4 t であるので、2t 積みのゴミ収集車 8 台分が必要となる。よって、燃えるゴミを収集するための走行距離は延べ 800 km となる。また、燃えない

Table 31. The manufacturing energy of processed wood<sup>(6)</sup>

	エネルギー原単位	年間木材需要量	エネルギー [GJ/年]	CO <sub>2</sub> 量 [kt/年]	杉の本数 [本/年]
製材	1.472 [MJ/m <sup>3</sup> ]	44933×10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	66140	4714	1.58
(パルプ, チップ)		33558×10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	77670	5535	1.86
合板	2.315 [MJ/m <sup>3</sup> ]	10942×10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	25330	1805	0.61
その他		5073×10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	11740	837	0.28
合計		94506×10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	180900 (原油換算 4597 Ml)	12890	4.33

Table 32. The structure of demand and supply in Japanese wood market<sup>(6)</sup>  
(converted into logs [10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>])

	1982年	1983年	1984年	1985年	1986年
需要全体	92933	93707	93963	95447	95447
産業用木材	90157	91161	91361	92901	94506
薪炭材	924	610	614	572	481
キノコほだ木	1852	1936	1988	1974	1838
産業用木材	90157	91161	91361	92901	94506
国産材	32154	32316	32874	33074	31613
輸入材	58003	58845	58487	59827	62893
製材	47862	45990	44518	44539	44933
国産材	19953	19392	18946	18814	18397
輸入材	27909	26598	25572	25725	26536
パルプ, チップ	28279	30584	32433	32915	33558
国産材	10633	11436	12470	12844	11878
輸入材	17646	19148	19963	20071	21680
合板	10499	10849	10664	11217	10942
国産材	443	442	457	433	404
輸入材	10056	10407	10207	10784	10538
その他	3517	3738	3746	4230	5073
国産材	1125	1066	1001	983	934
輸入材	2392	2692	2745	3247	4139

いゴミの量は約3.9tであるので、2t積みのゴミ収集車2台分となり、そのための走行距離は延べ400kmとなる。よって、ゴミ収集のための走行距離は1,200kmとなる。ゴミ収集車の燃料消費量は4km/lと仮定したので、ゴミ収集に必要な軽油は300lとなる。ここで軽油の比重を0.85とすると軽油の質量は255kgと

なる。この軽油が完全燃焼するものとして、CO<sub>2</sub>に換算すると794.8kgとなり、このCO<sub>2</sub>を吸収するのに必要な杉の木は、第2節の式(5)より0.40本/年となる。

以上より、ゴミを焼却した場合に必要な杉の木は7.44本/年であり、ゴミの収集に必要な杉の木は0.40本/年であるからゴミを処理する際に必要な杉の植樹

Table 33. Heating values and amounts of produced CO<sub>2</sub> for inflammable waste

廃棄物の種類	総発熱量 <sup>9)</sup> [kJ/kg・80年]	総重量 [kg/80年]	エネルギー量 [kJ/80年]	原油量 [l/80年]	CO <sub>2</sub> の量 [kg/80年]	杉の本数 [本/年]
紙くず類	17490	6811.00	119300.00	3033.0	8507.0	4.32
廃棄木くず類	17430	890.00	15530.00	394.8	1107.0	0.56
廃棄繊維類	16970	1081.00	18380.00	467.0	1310.0	0.67
プラスチックくず	30660	128.50	3946.00	100.3	281.3	0.14
廃棄ゴム類	31350	363.30	2724.00	289.8	813.0	0.41
廃棄皮革類	18940	2.75	52.15	1.3	3.7	0.00
生ゴミ	6028	6132.00	37010.00	940.7	2639.0	1.34
合計	—	—	196932.15	8782.1	14661.0	7.44

本数は7.84本/年となる。

## 5. 結 論

最近になって、人類による地球の環境破壊が大きく問題として取り上げられるようになった。その中でもCO<sub>2</sub>の増加が主要な要因とされている地球の温暖化の問題は、最も身近なところにその発生源が存在する問題であり、我々と最も関係が深い環境問題である。しかしながら、余りにも豊かな物質文明に裏付けられた生活に慣れすぎてしまったため、その生活がいかに地球に悪影響を及ぼしているかという点に関してほとんど問題意識が持たれていないのが現状である。

本研究では、このような身近な生活にその要因が指摘されるCO<sub>2</sub>の放出問題に関して、現実到我々の生活によってどの程度のCO<sub>2</sub>が放出されているかをできるだけ正確に把握し、環境問題に対する認識と理解を深めることを目的として、人間が現在の文化的な生活を一生(80年間)営むときに、どの程度の量のCO<sub>2</sub>を放出しているかを具体的に算出した。そして、生活か

Table 34. The amounts of noninflammable waste

項 目	総重量 [t/80年]
家電製品	2792.42
輸送機関	188.0
日用品	68.7
娯楽	61.9
食料品	744.6
合計	3855.62

ら排されるCO<sub>2</sub>の量を固定化するために、換言すれば放出した量のCO<sub>2</sub>を樹木に吸収させるためには、どのくらいの量の樹木を植える必要があるかという試算を人間の呼吸、衣料品、日用品、食料品(原材料、加工食品)、住居、ガス、電化製品(電力)、上下水道、家具、輸送機関、娯楽・趣味、出版・印刷物、森林伐採およびゴミの15項目にわたって行った。個々の項目に関する試算結果は前節において詳述したとおりである。これらの試算結果により以下のような知見を得ることができた。

① 人間の呼吸は一生の間絶え間なくCO<sub>2</sub>を放出し続けるものであるが、その総放出量は木造住宅が1件建つほどの量である。

② 毎日使用される日用品に関しては、その大量生産によるためか予想外にCO<sub>2</sub>の放出量が少なかった。

③ 食料品については、他の項目と比較してもかなり大きな数であり、人間生活における「食」の重要性がわかった。

④ 住居を建てることによって放出されるCO<sub>2</sub>量は、コンクリート、木造にかかわらずかなり多量である。

⑤ 光熱費については、電気によって放出されるCO<sub>2</sub>量が最も大きく、節電は環境問題の面からも大切である。

⑥ 出版・印刷物により放出されるCO<sub>2</sub>量は個人消費物だけでも、多大な量に及び、紙資源の節約が重要である。

⑦ ゴミの焼却によって放出されるCO<sub>2</sub>量はかなり多く、資源のリサイクル運動により、なるべく焼却量を減らす必要がある。

前節までに試算した各項目の結果をまとめ、人間が

一生の間（80年間）に放出するCO<sub>2</sub>の量およびその量を吸収するために必要な杉の植樹本数をTable 35に示した。

Table 35から明らかなように、我々の生活に関するこれらの15項目の中で最も多くのCO<sub>2</sub>を放出している項目は「輸送機関」であり、その量は全体の1/4程度に達する。その中でも、自家用車に関するCO<sub>2</sub>の放出量が最も多いことから、最も有効なCO<sub>2</sub>の放出量削減の方策は、自家用車を使用しないことであると結論づけることができる。また、「上下水道」に関するCO<sub>2</sub>の放出量は、(9)項の本文中でも述べたように設備・施設の開発に関するエネルギー量を考慮していないため、かなり小さい値となった。また、Table 35から明らかなように人間の生活を大別した衣食住の中では、呼吸を含めた「食」に関するCO<sub>2</sub>の放出量が予想以上に大きく、「住」の中では、豊かな物質文明の証明ともいえる「電化製品（電力）」による放出量が大きいことがわかった。

ところでTable 35に示した量の杉の植樹本数、すな

わち約200本の樹木を植えるためには、一人当たりどのくらいの面積が必要となるのであろうか。樹木を3m間隔で植えていくとすると、1ha（0.01km<sup>2</sup>）で1,089本の杉の木を植えることができる。一生に放出するCO<sub>2</sub>の量を吸収するためには、198本の杉の木を植えるなければならない。したがって、そのために必要な面積は一人当たり0.18haということになる。いま、日本人の人口を1億2千万人とすると日本人が個々の生活で放出するCO<sub>2</sub>の量を吸収させるために杉の木を植えるには、217,080km<sup>2</sup>の面積が必要であることがわかる。この面積は、日本の面積が約37万km<sup>2</sup>であることを考えると国土の0.6倍の量に当たる膨大な量である。

しかしながら、現実はこの試算結果をかなり上回る量のCO<sub>2</sub>を放出しているものと考えられる。すなわち本研究では、第2節でも述べたように、人が一生生活していく上で放出するCO<sub>2</sub>の量を求めるため、個人消費を中心にCO<sub>2</sub>の放出量を算出した。そのため、工場や公共施設等の設備投資に関するエネルギー量および

Table 35. The amount of produced CO<sub>2</sub> and the number of planting cedars in a lifetime

項 目	CO <sub>2</sub> の放出量 [kg]	吸収に必要な杉の本数
(1) 人間の呼吸	20,400	10.39
(2) 衣料品	13,927	7.68
(3) 日用品	1,285	0.65
(4) 食料品（原材料）	48,734	24.76
(5) 食料品（加工食品）	29,883	15.18
(6) 住居	42,578	21.64
(7) ガス	28,193	14.32
(8) 電化製品（電力）	39,791	20.22
(9) 上下水道	281	0.14
(10) 家具	304	0.15
(11) 輸送機関	104,136	52.91
(12) 娯楽・趣味	1,720	0.87
(13) 出版・印刷物	33,483	17.02
(14) 森林伐採	8,519*	4.43
(15) ゴミ	15,261	7.84
合 計	388,495	198.20

\*：森林伐採における二酸化炭素の放出量は、木材生産に使用されたエネルギーについてのみである。

CO<sub>2</sub>の放出量については、今回は計算の対象外としている。したがって、実際に我々の生活を営んで行くためには、Table 35に示した以上のCO<sub>2</sub>の量が放出されるものと予想され、その量を樹木に吸収させるためには、さらに多くの樹木を植える必要がある。

このように、我々は普段の生活の中で無意識のうちに自然が吸収できる量をはるかに越えるCO<sub>2</sub>の量を放出している。いま地球的規模の環境問題とされているCO<sub>2</sub>の増加を少しでも緩和していくためには、一人一人がCO<sub>2</sub>の量を増加させている要因であることを自覚し、少しでもその放出量を抑えるように心がける必要がある。さらには、人間ばかりでなく地球上の様々な生物にとってかけがえのない地球の環境をこれ以上破壊しないようにするには、現在の物質文明に浸かった生活をもう一度考え直す必要があるのかも知れない。

## 参 考 文 献

- 1) 中小企業団・中小企業情報センター，“調査ダイジェスト：製造業のエネルギー消費の実態”，No. 512, 1981.
- 2) 科学技術庁資源調査所，“ライフサイクルエネルギーに関する調査研究”，第69号，1979.
- 3) 電気事業連合会統計委員会，“電気事業便覧”，1986.
- 4) 只木良也，共立出版，“生態学への招待：森の生態”，1971.
- 5) 築地書館，“熱帯林破壊と日本の木材貿易—世界自然保護基金(WWF)レポート—(日本版)”，1989.
- 6) 厚生省環境衛生局水道環境部，“水道統計”，1980.
- 7) 東京都下水道局，“東京都下水道事業年版”，1981.
- 8) 林野庁，“林業白書”，1988.
- 9) 産業調査会，辞典出版センター，“廃棄物処理・リサイクルの技術と機器”，1988.