



# NEWS LETTER

# vol.21

## 日常生活と工場でのCO<sub>2</sub>発生 - 私たちが毎日排出するCO<sub>2</sub>量を計算すると、、、

私たちの生活では、電気、都市ガスなどのエネルギーを利用しています。家庭でこれら燃料を利用した際に発生する二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）の量を見積もってみることにします。利用しているエネルギーは、ガソリン、軽油、灯油、LPガス、都市ガス、電気と仮定します。2017年における灯油、LPガス、都市ガス、電気の年間使用量の全国平均値が表1のように報告されています。ガソリンと軽油については、2017年における各家庭での年間支出金額が、それぞれ114,000円、2,000円と報告され、2017年7月26日の東京でのガソリンと軽油の価格は134.0円/L、113.8円/Lだったことが分かっていますので、これらからガソリンと軽油の年間使用量が算出できます。ガソリン、軽油、灯油などの年間使用量にCO<sub>2</sub>排出係数を乗じて、ガソリンなどを燃焼・利用した際のCO<sub>2</sub>発生量を計算した結果も表1に示します。私たちは、日常生活において年間5,089kg（約5トン）（1日当たり13.9kg）のCO<sub>2</sub>を排出しており、その約8割はガソリンと電気起因することが分かります。自動車燃料の脱炭素化、太陽光などの再生可能エネルギーによる発電、CO<sub>2</sub>を発生しない原子力発電を推進する必要性が理解できます。

もう少し日常生活でのCO<sub>2</sub>発生について定量的に調べてみます。

- (1) 入浴を想定して、20°Cの水、200Lを発熱量99MJ/m<sup>3</sup>のLPガスと45MJ/m<sup>3</sup>の都市ガスで45°Cにするために必要なガスの体積を、熱効率90%と仮定して算出すると、LPガスでは0.211m<sup>3</sup>、都市ガスでは0.464m<sup>3</sup>となります。表1に示したCO<sub>2</sub>排出係数をこれらに乘じるとCO<sub>2</sub>発生量としてそれぞれ1.24kg、1.04kgが得られ、発熱量の小さな都市ガスの方が多くのガスを使用しますが、発生するCO<sub>2</sub>は少なくなることが分かります。
- (2) ガスレンジでの調理で発生するCO<sub>2</sub>の量を見積もることにします。2.7kWの標準バーナーで1時間、LPガスと都市ガスで調理すると、ガスの使用量とCO<sub>2</sub>発生量は、LPガス：0.098m<sup>3</sup>、0.58kg、都市ガス：0.216m<sup>3</sup>、0.48kgとなります。
- (3) 消費電力1.6kWのエアコン、2台をそれぞれ3時間運転すれば、電力量は9.6kWhとなり、CO<sub>2</sub>発生量は4.46kgとなります。
- (4) 各家庭では年間851Lのガソリンを使用します（表1）（燃費12km/Lの自動車であれば、年間約10,000km走行することに相当）ので、毎日、ガソリン2.33Lを消費し、5.41kgのCO<sub>2</sub>を発生していることとなります。

日常生活のいくつかの場面を想定してCO<sub>2</sub>発生量を算出しましたが、エアコンと自動車の使用で多くのCO<sub>2</sub>が発生していることが分かります。各人が日常生活におけるエネルギーの利用状態を見直して、まずは“省エネ”と、“利用するエネルギー源の選択”が必要です。

次に工場でのCO<sub>2</sub>発生について考えてみます。工場でのCO<sub>2</sub>発生量は、従業員数、利用する燃料の種類、業種、設備などによって複雑に変化することが予想されます。そこで、電気の使用に伴うCO<sub>2</sub>発生についてのみ注目しました。従業員数が異なる工場での使用電力量の調査結果を見つけました。2012年8月とややデータは古いのですが、従業員数によっていくつかに分類された工場の使用電力量が報告されていました。このデータから工場における使用電力量と従業員数の関係を求めると、図1のように、これらはほぼ原点を通る直線関係となり、

$$\text{使用電力量 (kWh/月)} = 1,600 \times \text{従業員数 (人)}$$

で表されます。この式から従業員1人が毎日51.6kWhの電力を使用し、24.0kgのCO<sub>2</sub>を排出していることとなります。前述のように、日常生活では1日当たり13.9kgでしたので、工場の方が約2倍のCO<sub>2</sub>を排出しており、工場での脱炭素化の重要性が認識できます。

表1 家庭における各種エネルギーの年間使用量、CO<sub>2</sub>排出係数、これらから計算されるCO<sub>2</sub>発生量、およびCO<sub>2</sub>排出総量に対する割合

エネルギー	年間使用量の全国平均-2017年	CO <sub>2</sub> 排出係数	CO <sub>2</sub> 発生量 (kg/年)	CO <sub>2</sub> 排出割合 (%)
ガソリン	851 L	2.32 kg-CO <sub>2</sub> /L	1,974	38.8
軽油	18 L	2.58 kg-CO <sub>2</sub> /L	45	0.9
灯油	172 L	2.49 kg-CO <sub>2</sub> /L	428	8.4
LPガス	30 m <sup>3</sup>	5.892 kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	177	3.5
都市ガス	204 m <sup>3</sup>	2.23 kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	455	8.9
電気	4,322 kWh	0.465 kg-CO <sub>2</sub> /kWh (北陸電力-2020年)	2,010	39.5

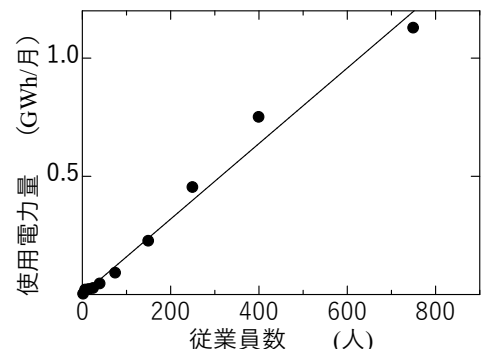


図1 工場における使用電力量と従業員数の関係（2012年8月）（東大 大橋教授らの報告書のデータを基にして作図）

## 木質バイオマス燃料の利用は地球温暖化の抑制につながるのか？

草花などの植物は、光合成を行いながら成長し、花が咲いて、種が生き残るための種子を残して、1年から数年で枯れてしまいます。植物が枯れると、微生物の作用で分解され、光合成で植物に吸収されたCO<sub>2</sub>は大気中に戻ります。このCO<sub>2</sub>はもともと大気中にあったCO<sub>2</sub>であり、大気中のCO<sub>2</sub>が増えることにはなりません。これが『カーボンニュートラル』の考え方に通じます。一方、樹木の場合は長い年月をかけて成長し、光合成によって大気中から吸収されたCO<sub>2</sub>は木材中にC（炭素）の形で蓄えられます。これは“炭素固定”と呼ばれています。樹木が木材になって家の柱や木製家具として長期間利用されれば、光合成により大気中から吸収したCO<sub>2</sub>はCとして固定されたままです。燃やさない限り、木材はCを固定し、地球温暖化の抑制効果を持っています。林野庁の資料によれば、日本の国土面積の約6割、2,510万haが森林で、その約4割、1,035万haがスギ、ヒノキ、マツなどの針葉樹の人工林（育成林）、約5割、1,338万haがケヤキ、ブナ、ナラ、サクラなどの天然林、その他（無立木地・竹林）が約1割、137万haだそうです。針葉樹は比較的成長が速く建築資材として広く利用されています。

日本における木材需要の約4割が建築用材で、木造住宅などで利用されています。木造住宅の建築工法としては、「在来工法（木造軸組工法）」、「ツーバイフォー工法（枠組壁工法）」、「木質プレハブ工法」があり、在来工法が8割弱を占めているようです。この在来工法における木材使用量は床面積1m<sup>2</sup>当たり約0.20m<sup>3</sup>程度とされ、平均的な住宅（120m<sup>2</sup>（36坪））であれば、1戸当たりの木材使用量は約24m<sup>3</sup>となります。他の工法での木材使用量についてのデータを見つけられませんでしたので、在来工法での値と変わらないとして話を進めます。木材には輸入材と国産材があり、在来工法の場合には国産材が3割弱で、ツーバイフォー工法ではほぼすべて輸入材のようです。これらからすれば、1戸の木造住宅には、約24m<sup>3</sup>の木材が使用され、その約2割（約5m<sup>3</sup>）が国産材で、約8割（約19m<sup>3</sup>）が輸入材ということになります。木材の比重は種類と乾燥状態によって大きく変化しますが、気乾状態でのスギ、ヒノキ、マツの密度はスギ：0.38、ヒノキ：0.41、クロマツ：0.54、エゾマツ：0.41、アカマツ：0.49とされ、代表的な針葉樹では0.4~0.5です。そこで、住宅に利用されている木材の比重を0.45とすれば、1戸の木造住宅には、約10,800kgの木材が使用され、その約2,300kgが国産材で、約8,500kgが輸入材ということになります。木材1kgを構成する元素はC：0.5kg、H：0.06kg、O：0.44kgとされていますので、1戸の木造住宅を建築すると、19,800kgのCO<sub>2</sub>を固定したことになります。この値は、日常生活において年間に各家庭で排出されるCO<sub>2</sub>量（5,089kg）のほぼ4年分に相当します。

多くの木造住宅は30年で解体されています。解体され、柱、梁、床の木材が再利用されず、廃材として焼却されたり、地中に埋められると、長年固定されていたCO<sub>2</sub>が再び大気中に排出されます。木造住宅には国産材の3.7倍の輸入材が使用されていますので、外国の大気中から吸収されたC由来のCO<sub>2</sub>が大量に発生すること、つまり大量の木材を輸入し、国内の大気中に大量のCO<sub>2</sub>をばらまいていることにもなります。成長した木を伐採し、建築資材や木製家具として利用すれば、大気中のCO<sub>2</sub>を減らすことになり、伐採した土地に植林すれば、温暖化防止につながりますが、燃やすとCO<sub>2</sub>を増やすことになります。東南アジア、アフリカ、南アメリカでは森林の伐採が急激に進んで、自然の回復力では元に戻らない『森林破壊』が起きている状況を考えますと、非化石燃料である木材のCO<sub>2</sub>排出係数を0（ゼロ）として、木質バイオマスを利用することには違和感があります。

天然林では、木が枯れても、その周囲の樹木からの種子が発芽、そして成長することによって森林の状態が保たれています。樹木の成長とともにCO<sub>2</sub>を吸収し、光合成によってCとして蓄えられます。枯れると、固定されていたCが空気中のO<sub>2</sub>（酸素）と結合してCO<sub>2</sub>が放出されます。長期的に、このCO<sub>2</sub>の吸収と放出のバランスが保たれて、天然林では大気中のCO<sub>2</sub>が増えることも減ることもありません。「カーボンニュートラル」と言うには、このような循環が定常的に起こっていることが必要ではないでしょうか？

スギ1本当たり、1年間に約2.4kgのCが蓄積されると報告されています。日常生活において各家庭で年間5,089kgのCO<sub>2</sub>を排出しますので、これをスギにすべて吸収させようとするれば、578本のスギが必要です。愛知県岡崎市のHPによれば、スギなどの植林では、1ha当たり約3,000本もの苗木を植え、間伐などを行って、最終的には500~600本になるようで、これを考慮すると各家庭から排出されるCO<sub>2</sub>の吸収には約1ha=3,000坪の広大な森林が必要です。日本の国土面積の約4割1,035万haが針葉樹林ですので、約1,000万家庭分のCO<sub>2</sub>を吸収できる計算になりますが、日本の一般世帯数は5,570万世帯（令和2年国勢調査）と約5.5倍もあり、森林で吸収されるCO<sub>2</sub>の何倍もの量が大気中に排出されています。木材を燃やしてはいけません。建築資材や木製家具として長く利用することが地球温暖化の抑制につながるのです。

CO<sub>2</sub>による地球温暖化が良く話題になりますが、地球温暖化を引き起こすものにはCH<sub>4</sub>（メタン）やN<sub>2</sub>O（一酸化二窒素）もあります。これらは比較的大気中に存在する量が少なく、一般的には影響が小さいとされていますが、地球温暖化係数（CO<sub>2</sub>を基準した影響の大きさを示す数字）を調べると、IPCC第4次評価報告書の値では、CH<sub>4</sub>：25、N<sub>2</sub>O：310であり、少しの量であっても地球温暖化に大きな影響を及ぼすことが分かります。木材にはNが少量含まれており、関野ら（木材学会誌、57（2011）、101）はスギ、アカマツ、カラマツの木部、内樹皮、外樹皮のN含有量を測定して、3種類の木材ともに気乾状態の木部では0.3~0.4%であると報告していますので、木材1kgには0.003~0.004kgのNが含まれていることとなります。木材1kgを構成する主要な元素はC：0.5kg、H：0.06kg、O：0.44kgとされており、木材を燃焼させることによってNはN<sub>2</sub>Oに、CはCO<sub>2</sub>になると仮定すると、木材1kgからN<sub>2</sub>Oが0.005~0.006kg、CO<sub>2</sub>が1.83kg発生することとなります。N<sub>2</sub>Oの発生量はCO<sub>2</sub>のそれに比べてかなり小さいですが、N<sub>2</sub>Oの発生量に地球温暖化係数（=310）を乗じると1.55~1.86kgとなり、ほぼCO<sub>2</sub>の発生量に匹敵します。つまり、木材を燃焼させると、CO<sub>2</sub>とN<sub>2</sub>Oが発生し、地球温暖化に対して、これらはほぼ同程度の影響を持つ可能性があります。このことから、木質バイオマスを燃やす際には、必ずN<sub>2</sub>Oの発生量を測定、監視することが必要と考えられます。また、地球温暖化対策としての木質バイオマス燃料の利用はできるだけ避けることがよいのでは？と感じます。

一般社団法人 ふくい水素エネルギー協議会  
〒919-0411 福井県坂井市春江町藤鷲塚37-9  
株式会社 ナカテック内 事務局 羽木  
TEL：0776-58-3930 FAX：0776-51-5144