

# 働き方の変革による環境負荷削減効果

## The reduction effect of environmental impact of the office by changing the work style

伊藤 裕二\*1  
Yuji Ito

川本 真司\*1  
Shinji Kawamoto

柴田 博仁\*2  
Hirohito Shibata

\*1 富士ゼロックス株式会社 ソリューション・サービス開発本部  
Solution Service Development Group, Fuji Xerox Co., Ltd.

\*2 富士ゼロックス株式会社 研究技術開発本部  
Research and Technology Group, Fuji Xerox Co., Ltd.

This paper presents an attempt to visualize and reduce environmental impact of a office of our company. Through the visualization of the CO<sub>2</sub> emission of the office building, we found that the total CO<sub>2</sub> emission of the office is divided into two types: CO<sub>2</sub> emission depending on maintaining the office infrastructure and CO<sub>2</sub> emission depending on the work style of office workers. To estimate the reduction effect of environmental impact by changing the work style of individual office workers, we analyzed the CO<sub>2</sub> emission of these two types separately using actual data of a building of our company. Results show that the CO<sub>2</sub> emission depending on the work style of office workers was merely less than one third of the total CO<sub>2</sub> emission of the building.

### 1. はじめに

現在、2007年に発表された IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change; 気候変動に関する政府間パネル) 第4次報告書 [環境省 07] の予測を上回るペースで大気中の CO<sub>2</sub>濃度が上昇し、象徴的な現象として、北極海の海氷面積の縮小が報告されている。地球温暖化への対策は急務の課題である。

日本国内に関して言えば、工場等の「産業部門」の CO<sub>2</sub>排出量は京都議定書基準年の1990年比で-12.8%であり、省エネルギー化が進んでいる。一方、オフィスを含む「業務その他部門」の CO<sub>2</sub>排出量は+50.6%であり、排出量が増大している [環境省 12]。オフィスでの CO<sub>2</sub>排出量の削減が大きな課題であることがわかる。

このような状況を踏まえて、富士ゼロックスは地球温暖化の抑制に向け、顧客のオフィスを対象とした温室効果ガス削減目標を2009年2月に発表した [富士ゼロックス 12]。この実現に向け、現在、各種の施策を検討中であり、直接的な省エネルギー施策に加え、働き方の変革にも取り組んでいる。

一般に、働き方の変革による CO<sub>2</sub>排出量の削減効果を見積もる際、変革により削減される工数に工数の CO<sub>2</sub>排出量原単位をかけることで削減効果が見積もられる。工数の原単位としては、日本のオフィスの平均的なエネルギー消費量をもとに、1人1年あたり 995 kg の CO<sub>2</sub>排出量が算出されている [松野 07]。しかし、この原単位はオフィスの平均的な単位面積当たりの CO<sub>2</sub>排出量と、1人当たりの平均的な利用面積から算出したものであり、これを用いて見積もられた CO<sub>2</sub>排出の削減量と実際に期待できる効果の整合性については十分な納得性が得られていないと、この論理の採用に消極的な企業もある。

図1に示すように CO<sub>2</sub>排出量の算出においては、CO<sub>2</sub>排出量に直接的に寄与するものと間接的に寄与するものがある [伊藤 08]。公共交通機関やオフィスペースの利用などの見なし消費は、CO<sub>2</sub>排出量の削減に対する寄与が間接的である。この

連絡先: 川本真司, 富士ゼロックス株式会社 ソリューション・サービス開発本部, kawamoto.shinji@fujixerox.co.jp

場合、使用量に原単位を単純に掛け合わせて CO<sub>2</sub>排出量を算出するのが一般的だが、これがどれくらい実体を反映しているかを確認する必要がある。

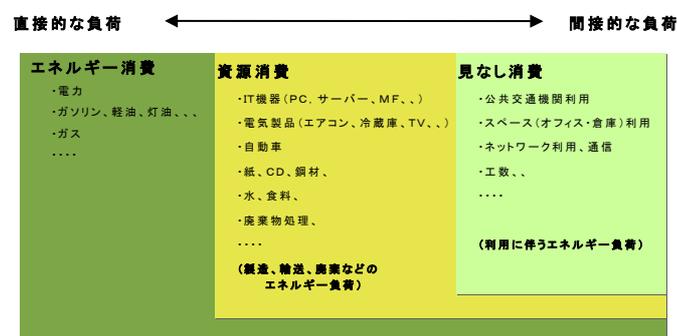


図1 CO<sub>2</sub>排出量の分類

今回我々は、当社ビルの CO<sub>2</sub>排出量と在館者数とを対応づけて分析した。業務を効率化し、労働時間、すなわちオフィス利用時間が短縮されることにより、CO<sub>2</sub>排出量のどの程度の削減効果があるのかを実測データをもとに検討した。

### 2. 背景

当社は2010年3月に、地上20階地下1階、延べ床面積約135,000平方メートルの研究開発拠点ビル(以下、YMMビル)を横浜駅近くに竣工した。このビルでは電力、都市ガス、地域熱供給(温冷熱源)の供給を受けている。ビル内で消費されるエネルギーは、空調、照明、コンセント接続機器(IT機器等)に分類される(表1)。

これらエネルギー源や用途が異なるエネルギー消費量を様々な角度から分析するため、我々は YMMビル内のエネルギー

ギー消費量をリアルタイムで視覚化するシステム EneEyes [伊藤 11] を開発し、実運用をもとにビル内の省エネルギー化に努めている [川本 12]。大規模な実践を伴うこの試みは産業界から高く評価され、これまでにグリーン IT アワード、グッドデザイン賞などの賞を受賞している。

表1 YMMビルの使用エネルギー源と用途

用途 エネルギー源	空調	照明	コンセント 接続機器	その他
電力	○	○	○	○
都市ガス				○
地域熱供給	○			

図 2 に EneEyes のシステム構成図を示す。EneEyes は YMM ビル内の総 CO<sub>2</sub> 排出量、各フロアやエリアの電力消費量、温湿度、在館者数などのデータをビル中央監視・制御システムから収集・保管している。データは、ビル竣工時より現在に至る、約 1,300 ポイントのセンサーからの 10 分単位の測定結果である。

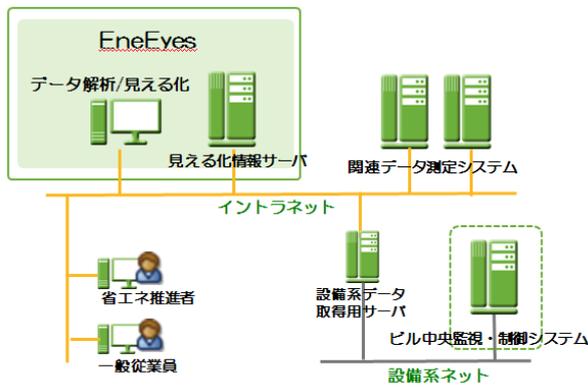


図 2 EneEyes システム構成図

EneEyes を用いて YMM ビルの 2012 年 1 月～12 月の CO<sub>2</sub> 排出量を調べると、年間約 11,500t- CO<sub>2</sub> である (図 3)。

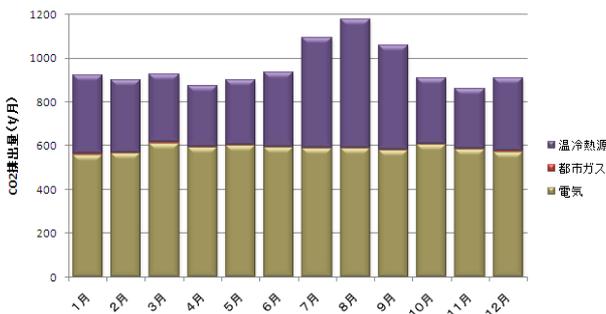


図 3 YMMビルの2012年別CO<sub>2</sub>排出量

一方、このビルに勤務している従業員数は約 4,100 名であり、従業員 1 人当たりの CO<sub>2</sub> 排出量は年間約 2.8t (1 人月間 0.23t) になる。これをもとに、YMM ビル内での業務の効率化による CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果を算出することも可能である。たとえば、業務の効率化による工数の削減が 2 人月であった場合、以下のように削減量を 0.46t- CO<sub>2</sub> と計算できる。しかし、オフィスでの

CO<sub>2</sub> 排出量が労働者の工数のみに依存すると考えるこのような見積もりについては、その妥当性に疑問がある。

$$0.23\text{t- CO}_2/\text{人月} \times 2 \text{人月} = 0.46\text{t- CO}_2$$

今回我々は、YMMビルでの在館者数と CO<sub>2</sub> 排出量を対応付けて分析することで、直接的な省エネルギー効果と長期的な視点で期待できる間接的な省エネルギー効果の分離を試みた。つまり業務の効率化等により労働時間が短縮されオフィス利用時間が短縮される場合、CO<sub>2</sub> 排出量でどの程度の削減効果をもたらす可能性があるかについて検討した。

### 3. CO<sub>2</sub> 排出量と在館者数

図 4 は YMMビルにおける1週間(2012年 8 月 25 日から 8 月 31 日)の 1 時間毎の CO<sub>2</sub> 排出量を示している。図 5 は図 4 と同じ期間の YMMビルの 1 時間毎の在館者数を示している。YMMビルが稼働し在館者数が多い平日の日中は CO<sub>2</sub> 排出量が多く、休日、あるいは平日の夜間には CO<sub>2</sub> 排出量が少ない。曜日や 1 日の時間帯により CO<sub>2</sub> 排出量が異なることがわかる。

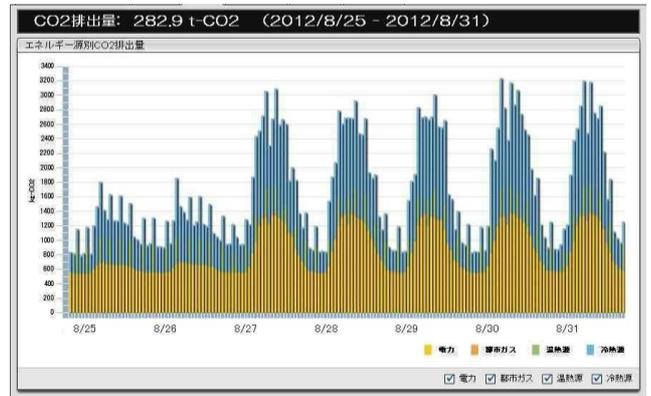


図 4 YMMビルの1週間のCO<sub>2</sub>排出量推移

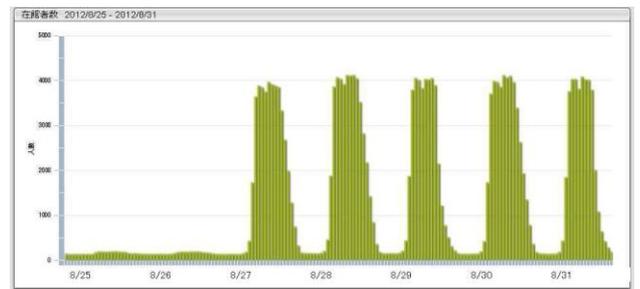


図 5 YMMビルの1週間の在館者数推移

図 6 は平日の 1 日 (2012 年 8 月 28 日) の 1 時間毎の CO<sub>2</sub> 排出量を示している。図 7 は図 6 と同じ日の 1 時間毎の在館者数を示している。図 6 と図 7 により YMM ビルの非稼働時間帯である夜間でも、1 時間当たり約 900kg- CO<sub>2</sub> のエネルギーを定常的に消費していることがわかる。

ここで、図 4 から図 7 を基に以下の事実が確認できる。

- ほとんど在館者がいない時間帯にもエネルギー消費が存在する (定常的なエネルギー消費)
- 在館者数に依存するエネルギー消費が存在する (工数に依存したエネルギー消費)

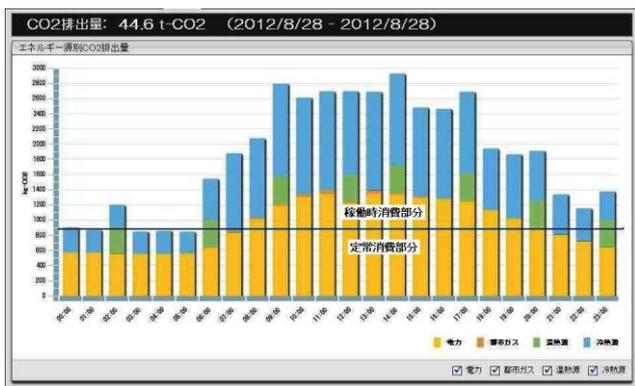


図 6 ある 1 日の CO2 排出量推移

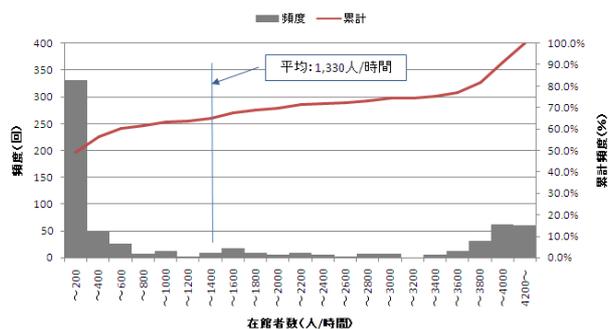


図 8 在館者数の分布

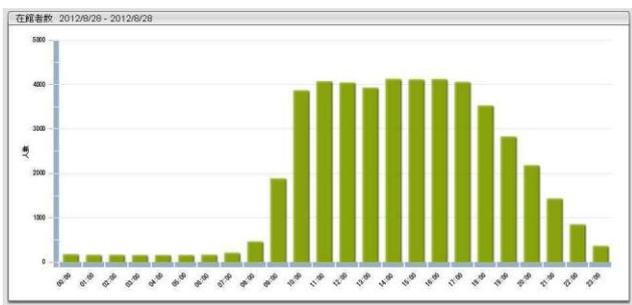


図 7 ある 1 日の在館者数推移

すなわち、CO<sub>2</sub> 排出量は在館者数と連動するが、在館者数が 0 になっても CO<sub>2</sub> 排出量は 0 にはならない。したがって一定期間内の総 CO<sub>2</sub> 排出量と同期間内の総在館者数から一律に従業員 1 人当たりの CO<sub>2</sub> 排出量を求めて削減量を計算しても、現実とは合わないことがわかる。

### 3.1 在館者数

エネルギー消費量は季節により使うエネルギーの種類や消費量が異なる。そこで 1 年間の CO<sub>2</sub> 排出量と在館者数の傾向を把握するため、月間 CO<sub>2</sub> 排出量が最大の夏の 8 月と冬の 2 月、CO<sub>2</sub> 排出量が少ない春秋の 5 月と 11 月を対象に、表 2 に示す各 1 週間の 1 時間毎の在館者数の分布を調べた。

表 2 解析対象期間

季節	期間
冬	2012 年 2 月 18 日(土)~2012 年 2 月 24 日(金)
春	2012 年 5 月 19 日(土)~2012 年 5 月 25 日(金)
夏	2012 年 8 月 25 日(土)~2012 年 8 月 31 日(金)
秋	2012 年 11 月 10 日(土)~2012 年 11 月 17 日(金)

この 4 週間の在館者数の分布は、図 8 に示すように 200 人以下のほとんど従業員がいない夜間や休日と、4,000 人以上の在館者がいるビル稼働時に、ほぼ 2 極化している。

サンプリングで利用した 4 週間は祝日を含まないため、年間の休日数で補正した年間の平均在館者数は 1 時間あたり 1,330 人となる。これは YMM ビルの在席者 4,100 人のほぼ 3 分の 1 であり、YMM ビルの稼働時間が年間のほぼ 3 分の 1 であることと一致する。

### 3.2 CO<sub>2</sub> 排出量と在館者数の関係

表 2 に示す春夏秋冬の各 1 週間の、1 時間毎の在館者数に対する CO<sub>2</sub> 排出量をプロットしたものが図 9 である。

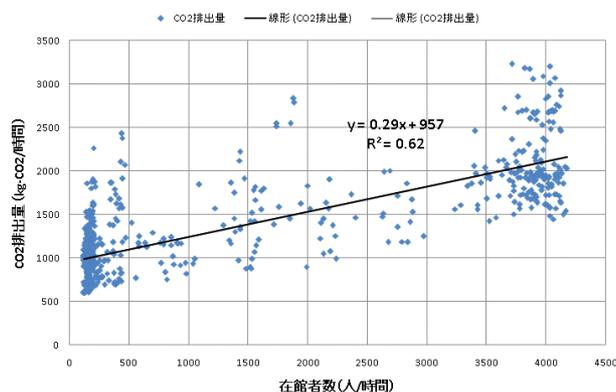


図 9 YMM ビルの 1 時間当たりの在館者数と CO<sub>2</sub> 排出量

線形近似直線の切片から、このビルのインフラに依存する CO<sub>2</sub> 排出として 1 時間あたり 957kg、また在館者数に依存するものとして 1 人 1 時間当たりの 0.29kg の CO<sub>2</sub> 排出量があることがわかる。

これより、このビルでは在館者数に依存しない CO<sub>2</sub> 排出量(定常的なエネルギー消費)が年間 8,380t になる。

$$957\text{kg-CO}_2 \times 24 \text{ 時間} \times 365 \text{ 日} = 8,380\text{t-CO}_2$$

また、従業員がビル内で業務することによる CO<sub>2</sub> 排出量は、上述した平均在館者数 1,330 人を用いて年間で 3,380t になる。

$$0.29\text{kg-CO}_2 \times 1,330 \text{ 人} \times 24 \text{ 時間} \times 365 \text{ 日} = 3,380\text{t-CO}_2$$

上記 2 者の和 11,760t は、表 2 の 4 週間から推計し積み上げた当ビルの年間 CO<sub>2</sub> 排出量で、冒頭で記した実際の当ビルの年間 CO<sub>2</sub> 排出量 11,500t とほぼ一致し、解析対象期間のサンプリングの妥当性がわかる。ただし 11,760t は在館者数が多いほぼフル稼働の週を選んでいるため、連休前後等の在館者数が少ない日を含めた実際の年間 CO<sub>2</sub> 排出量より若干多くなったと考えられる。

以上より、YMM ビル内での従業員数(在館者数)に依存する CO<sub>2</sub> 排出量は 29% (3,380t)、在館者に依存しないインフラ部分の CO<sub>2</sub> 排出量は 71% (8,380t) となる。

これを 1 人当たりの年間 CO<sub>2</sub> 排出量に換算すると、インフラに依存する CO<sub>2</sub> 排出量が 2.04t、従業員数(在館者数)に依存する CO<sub>2</sub> 排出量が 0.82t となる。

$$8,380\text{t-CO}_2/\text{年} \div 4,100 \text{ 人} = 2.04 \text{ t-CO}_2/\text{年}$$

$$3,380\text{t-CO}_2/\text{年} \div 4,100 \text{ 人} = 0.82 \text{ t-CO}_2/\text{年}$$

各従業員の YMM ビル内の業務に依存する CO<sub>2</sub> 排出量は 0.82t-CO<sub>2</sub> であり、1 人当たりの年間 CO<sub>2</sub> の 29% となる(図 10)。

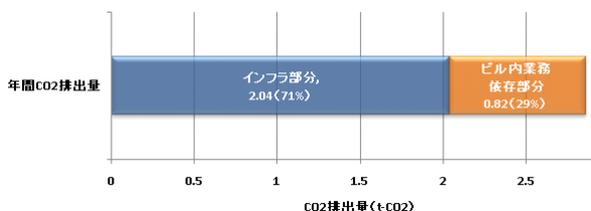


図 10 1 人当たりの年間 CO<sub>2</sub> 排出量の内訳

ここで、インフラ部分と名付けたものは、ビル内従業員の存在の有無に関わらず消費される CO<sub>2</sub> 排出量であり、業務、すなわち従業員の働き方の変革には直接影響を受けない。したがって、業務の効率化等により労働時間を短縮する場合の CO<sub>2</sub> 排出量削減効果は、この業務依存部分(工数に依存したエネルギー消費部分)の 0.82t-CO<sub>2</sub> (29%) が対象であると考えらるべきであろう。

この値は前述した日本全体のオフィス業務の工数の原単位 995 kg-CO<sub>2</sub> (1 人 1 年あたりの CO<sub>2</sub> 排出量) の値に近いが、算出手法が異なる。本論文で延べた手法で工数削減による日本全体の平均的な CO<sub>2</sub> 排出量削減効果の算出が必要であり、これをもとに業務改善による CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果を見積もる必要があると考える。

#### 4. まとめ

従来、働き方の変革による CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果の見積もりとして、年間の CO<sub>2</sub> 排出量を人数と稼働時間で除した原単位が利用されることがあった。この方法はシンプルではあるが、見積もりと実測の適合に関して疑問視されてきた。

これに対して本研究では、実在する当社のビルの在館者数と CO<sub>2</sub> 排出量を対比させ、CO<sub>2</sub> 排出量の内部構造を詳細に分析した。具体的には、ビルのインフラに依存する CO<sub>2</sub> 排出量と従業員数に依存する CO<sub>2</sub> 排出量を分離して分析した。結果として個人の働き方に依存する CO<sub>2</sub> 排出量はビル全体の CO<sub>2</sub> 排出量の 3 分の 1 以下 (29%) であることが明らかになった。

今後の課題として以下の 2 点が重要と考えている。第 1 に、一般にオフィスでのエネルギー消費は、空調、照明、コンセント接続機器の用途に分類できる。これらは個人の働き方に依存するものと組織毎の働き方に依存するものに分けられる。これを分離して分析することにより、個人のワークスタイルの変化がもたらす CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果と組織の施策がもたらす効果を分離して見積もれるようになることが期待できる。

第 2 の課題は、本稿の分析結果の一般性に関するものである。ここで行った分析は当社のビルで取得したデータにもとづくものであり、一般のオフィスに存在するとは限らない大規模な実験施設や食堂を含めた分析の事例である。今後、他のオフィス

に対しても同様の分析を行い、結果の一般性を検討していく必要がある。

以上の点をふまえ、今後は以下の取り組みを計画している。

- 空調、照明、コンセント接続機器の用途別のエネルギー消費の解析と働き方の変革による CO<sub>2</sub> 排出量の関係について検討する。
- 大規模な実験施設などを除いた YMM ビルの居室フロアのみを対象として解析し、今回の結果と比較検討する。
- 他のオフィスについて同様の分析を行い、今回の結果と比較する。
- ビルのインフラに依存する CO<sub>2</sub> 排出量を削減する施策を検討する。

将来的には、より広範な解析により働き方の変革による CO<sub>2</sub> 排出量削減効果の可能性と傾向を把握し、CO<sub>2</sub> 排出量削減効果の大きな働き方の変革策についての検討を行う予定である。

#### 参考文献

- [富士ゼロックス 12] 富士ゼロックス: 2020 年度に向けた温室効果ガス削減目標,  
<http://www.fujixerox.co.jp/company/public/sr2012/stakeholder/environment/strategy.html>, (2012)
- [伊藤 08] 伊藤 裕二, 川本 真司, 青柳 雅章: 日本のオフィスの平均的な CO<sub>2</sub> 排出量試算と削減の可能性検討, エコデザイン 2008 シンポジウム, (2008)
- [伊藤 11] 伊藤 裕二, 松井 治樹, 都甲 篤史, 川本 真司: エネルギー使用量の見える化システムの開発, 第 25 回人工知能学会全国大会, (2011)
- [環境省 07] 環境省: IPCC 第 4 次評価報告書について,  
[http://www.env.go.jp/earth/ipcc/4th\\_rep.html](http://www.env.go.jp/earth/ipcc/4th_rep.html), (2007)
- [環境省 12] 環境省: 2011 年度温室効果ガス排出量速報値,  
<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/index.html>, (2012 年 12 月)
- [川本 12] 川本 真司, 松井 治樹, 都甲 篤史, 伊藤 裕二: 自立分析型エネルギー使用量見える化システム「EneEyes」, 富士ゼロックス テクニカルレポート No.21, pp.4-12, (2012)
- [松野 07] 松野 泰也 他: IT 社会を環境で測るーグリーン ITー, pp.57-58, 産業環境管理協会, (2007)