

## 資料

## 表計算ソフトによる温室効果ガス排出量算定システムの開発

宇津 正樹, 山本 竜治, 佐々木 恭弘

## Development of Estimation System of the Amount of Green House Gases Emitted by Industrial Activities using Spreadsheet Software.

MASAKI UZU, RYUJI YAMAMOTO and YASUHIRO SASAKI

(Received Sep. 28, 2006)

京都議定書の規定により、日本は第一約束期間において、1990年比で6%の温室効果ガス（GHG）の排出量削減が義務づけられた。目標達成には国全体としての取り組みが必要となるが、事業者については、現行の京都議定書目標達成計画等では自主的な排出削減対策を基本としている。環境省は、民間事業者の自主的な取り組みの実効性、透明性、信頼性の向上を図るため、GHG排出量算定の標準的なものとして「事業者からの温室効果ガス排出量算定方法ガイドライン」を示した。本研究では、このガイドラインに基づくGHG排出量の算定に必要な機能やシステム活用の利便性を検討した結果、表計算ソフトを用いたGHG排出量算定システムを開発した。これにより、GHG排出量算定結果の集計が必要に応じて手動で変更できるなど自由度の高い集計が可能となった。

キーワード：地球温暖化、温室効果ガス

## はじめに

ロシアの批准により発効した京都議定書の規定に基づいて、日本は第一約束期間（2008年から2012年まで）において、1990年比で6%の温室効果ガス（以下、GHGと略称）の排出量削減が義務づけられた。京都議定書の目標達成には国全体としての取り組みが必要となるが、現行の地球温暖化対策の推進に関する法律や京都議定書目標達成計画では、事業者については、自主的な排出削減対策が基本となっており、事業活動に起因するGHG排出量の算定についても独自の方法で自主的に実施されてきた。そのため、事業者によるGHG排出量算定結果の相互比較や適正な評価が困難であった。

環境省は、民間事業者の自主的な取り組みの実効性、透明性、信頼性の向上を図るため、GHG排出量算定の標準的なものとして「事業者からのGHG排出量算定方法ガイドライン」[1]（以下、ガイドラインと略称）を示した。本研究では、このガイドラインに基づいてGHG排出量を算定するGHG排出量算定システム（以下、算定システムと略称）を開発した。

## 方 法

## 1. ガイドラインの排出量算定方法

ガイドラインは、事業者によるGHG排出量の正確な算

定、経年的な変化の把握や他の事業者との排出量の比較を行いやすくするなど、信頼性のあるGHG排出量の算定を行う手段の提供を目的としている。

ガイドラインでは、表1に示す事業活動（以下、活動と略称）の区分について、表2に示すGHGを対象として、GHG排出量を算定する手法を示しており、これによって、活動量（燃料の使用量、原料の使用量等の活動の大きさを示す量）に応じたGHG排出量の算定を行うことができる。

GHG排出量の算定方法や排出係数（活動を1単位実施した場合に排出される各種GHGの量）は、活動の区分ごとに異なり、ガイドラインは、具体的な算定方法や排出係数のデフォルト値（わが国における平均的な排出係数）を示している。排出係数等の係数については、事業者の実測等に基づく係数を用いることもでき、事業者独自の排出削減対策効果も織り込んだ正確な排出量の把握を可能としている。

## 2. 算定システムの概要

算定システムは、ガイドラインで対象とするGHG及び活動の区分について、ガイドラインに示されている算定方法に基づいてGHG排出量の算定を行っている。

システムに必要な主な機能は、業種に対応した活動を選択する選択機能、選択した活動ごとの活動量等のデータ入力機能、入力したデータを用いたGHG排出量の算定

表1 活動とその対象とする温室効果ガス

活 動 の 区 分		ガスの種類					
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>
1.1 燃料の使用		○					
1.2 電気事業者から供給された電気の使用		○					
1.3 熱供給事業者から供給された熱の使用		○					
2.1 燃料の燃焼	2.1.1 ボイラーにおける燃料の使用		○	○			
	2.1.2 電気炉における電気の使用		○	○			
	2.1.3 各種定置型機関における燃料の使用		○	○			
	2.1.4 その他の炉における燃料の使用		○	○			
	2.1.5 家庭用機器の使用		○	○			
	2.1.6 航空機の飛行		○	○			
	2.1.7 自動車の走行		○	○			
	2.1.8 鉄道車両の運行		○	○			
	2.1.9 船舶の運行		○	○			
2.2 燃料からの漏出	2.2.1 石炭の掘採		○				
	2.2.2 原油および天然ガスの試掘	○	○	○			
	2.2.3 原油の生産	○	○				
	2.2.4 原油の輸送	○	○				
	2.2.5 原油の精製		○				
	2.2.6 天然ガスの生産/処理	○	○				
	2.2.7 都市ガスの生産		○				
	2.2.8 天然ガスの輸送	○	○				
2.3 工業プロセス等	2.3.1 セメントの製造	○					
	2.3.2 生石灰の製造	○					
	2.3.3 石灰石及びドロマイトの使用	○					
	2.3.4 アンモニアの製造	○					
	2.3.5 各種化学製品（アジピン酸、エチレン、カーボンブラック等）の製造	○	○	○			
	2.3.6 アルミニウムの製造					○	
	2.3.7 麻酔剤の使用			○			
2.4 農業	2.4.1 家畜の飼養（反すう等）		○				
	2.4.2 家畜の飼養（ふん尿処理）		○	○			
	2.4.3 水田における稲の栽培		○				
	2.4.4 耕地への化学肥料の使用			○			
	2.4.5 耕地への有機肥料の使用			○			
	2.4.6 放牧地における牛のふん尿の直接排出		○	○			
	2.4.7 農業活動に伴う農業廃棄物の焼却		○	○			
2.5 廃棄物	2.5.1 廃棄物の埋立処分		○				
	2.5.2 産業排水の処理		○				
	2.5.3 生活排水の処理（終末処理場及びし尿処理施設）		○	○			
	2.5.4 生活排水の処理（主に浄化槽）		○	○			
	2.5.5 一般廃棄物の焼却	○	○	○			
	2.5.6 産業廃棄物の焼却	○	○	○			
2.6 HFC等3ガスの生産と消費	2.6.1 HCFC-22の製造に伴うHFC-23の副生成				○		
	2.6.2 HFCの製造				○		
	2.6.3 PFCの製造					○	
	2.6.4 SF <sub>6</sub> の製造						○
	2.6.5 HFCが封入された製品（家庭用電気冷蔵（凍）庫等）の製造又は使用開始				○		
	2.6.6 変圧器等電気機械器具の製造又は使用開始						○
	2.6.7 HFCが封入された製品の使用				○		
	2.6.8 SF <sub>6</sub> が封入された電気機械器具の使用						○
	2.6.9 SF <sub>6</sub> が封入された電気機械器具の点検						○
	2.6.10 HFCが封入された製品の廃棄				○		
	2.6.11 SF <sub>6</sub> が封入された電気機械器具の廃棄						○
	2.6.12 HFCが封入された自動車用エアコンディショナーの製造				○		
	2.6.13 HFCが封入された自動車用エアコンディショナーの使用				○		
	2.6.14 HFCが封入された自動車用エアコンディショナーの廃棄				○		
	2.6.15 HFCが発泡剤として含有する発泡プラスチックの製造				○		
	2.6.16 噴霧器、消火器の使用又は廃棄				○		
	2.6.17 溶剤、洗浄剤としての使用				○	○	
	2.6.18 半導体素子等の加工工程におけるドライエッチング又は製造装置の洗浄				○	○	○

表2 ガイドラインで算定対象とする温室効果ガス

温室効果ガス		地球温暖化係数
二酸化炭素	CO <sub>2</sub>	1
メタン	CH <sub>4</sub>	21
一酸化二窒素	N <sub>2</sub> O	310
ハイドロフルオロカーボン	(HFC)	—
トリフルオロメタン	HFC-23	11,700
ジフルオロメタン	HFC-32	650
フルオロメタン	HFC-41	150
1・1・1・2-ペンタフルオロエタン	HFC-125	2,800
1・1・2-2-テトラフルオロエタン	HFC-134	1,000
1・1・1・2-テトラフルオロエタン	HFC-134a	1,300
1・1・2-トリフルオロエタン	HFC-143	300
1・1・1-トリフルオロエタン	HFC-143a	3,800
1・1-ジフルオロエタン	HFC-152a	140
1・1・1・2・3・3-ヘプタフルオロプロパン	HFC-227ea	2,900
1・1・1・3・3-ヘキサフルオロプロパン	HFC-236fa	6,300
1・1・2・2-3-ペンタフルオロプロパン	HFC-245ca	560
1・1・1・2・3・4・4・5・5-デカフルオロペンタン	HFC-43-10mee	1,300
パーフルオロカーボン	(PFC)	—
パーフルオロメタン	PFC-14	6,500
パーフルオロエタン	PFC-116	9,200
パーフルオロプロパン	PFC-218	7,000
パーフルオロブタン	PFC-31-10	7,000
パーフルオロシクロブタン	PFC-c318	8,700
パーフルオロペンタン	PFC-41-12	7,500
パーフルオロヘキサン	PFC-51-14	7,400
六ふっ化硫黄	SF <sub>6</sub>	23,900

や二酸化炭素等量への換算等の算定機能, 算定結果からGHG別の排出量や排出量の総計等を求める集計機能, 集計結果の印刷機能, 入力データや算定結果の保存・読み込み機能がある。

システムの開発には, データ入力の簡便さ, 算定結果の集計や印刷画面の変更の容易さの点から, エクセルとエクセル付属のVBAを用いた。エクセルは基本的には表計算のアプリケーションであり, データの簡便な入力機能は比較的容易に実現できる。集計機能は, エクセルのピボットテーブルをVBAで制御して実現した。これにより, 集計のためのプログラムが簡素化され, システムで想定外の集計が必要な場合には, ピボットテーブルの集計条件を手動で変更して必要な集計結果を簡便に得ることができる。また, 集計結果の印刷の際の列幅変更等にも容易に対応することができる。

入力データ及び算定結果, 排出係数表, 単位発熱量表, 地球温暖化係数表等のデータは, それぞれ別のシートに記録し, まとめてエクセルの一つのブックとして保存した。保存したデータは, エクセルで開くことができ他の目的への利用も容易である。また, エクセルの場合, ビジュアルベーシック等のプログラム開発言語を用いたシステムとは異なり, インストールの必要がない点もメリットとして考えられる。

## 結果と考察

### 1. 算定システムの機能概要

#### (1) 温室効果ガス排出量算定フォーム (図1)

算定フォームの活動の選択部で事業活動に応じた活動を選択するとリストボックスに全ての選択した活動が表示される。リストボックスの1つのリスト(活動)をクリックして選択し, 活動の操作部のデータ入力をクリックすると, データ入力画面が表示される。ここで, 燃料の使用量などの活動量や使用する排出係数等のデータを入力することができる。データ入力画面を終了して算定フォームに戻る際に, 入力データの不備チェック, GHG排出量や二酸化炭素等量への換算などの演算を実行する。GHG排出量等の演算結果の集計は集計の操作部で実行し, 集計結果のピボットテーブルと印刷用に列幅等を調整した印刷用のシートが作成される。保存・終了部では, 入力したデータの保存や, 保存したデータの読み込みを行うことができる。

#### (2) GHG算定に必要な情報の作成

図2に示すように, ガイドラインで与えられている情報を基に, 算定システムに必要な情報をワークシートに作成した。

選択表は, 活動の区分ごとに, 関連する活動量(使用する燃料, 原料など)や排出されるGHGを記述した一覧

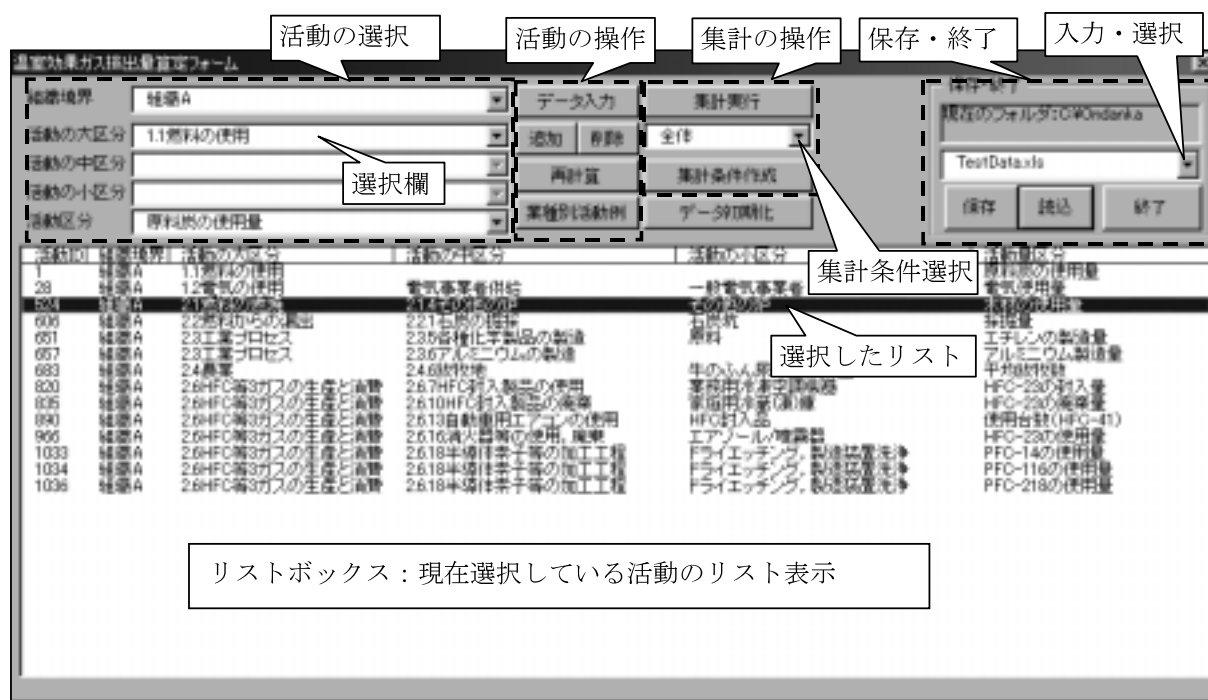


図1 温室効果ガス排出量算定フォーム

表であり、活動の選択部の活動の大区区分等に表示される選択項目は、これを基にしている。ボイラーにおける燃料の燃焼では、ボイラーの種類やその種類によって対象となる燃料の種類、排出するGHGの種類が異なるなど、選択表は複雑な表である。活動の選択部で使用する用語の統一や、システム開発時の試作、検討、修正のプロセスの迅速化を図るため、選択表は手処理ではなくプログラムで作成した。具体的には、選択に使用する用語の置換表、活動の区分ごとに異なる活動量やGHGの種類の設定表を作成し、これらの情報を基に、ガイドラインに示されている排出係数表をベースとして選択表を作成した。

計算表は、算定に用いた排出係数等の全ての情報、活動量等の入力データ、算定結果を保存しており、ピボットテーブルを用いた集計は、この表を基に実行している。排出係数表は、選択表から一部を抜き出して作成し、単位発熱量表、地球温暖化係数表はガイドラインに示されている表を流用した。

排出係数や単位発熱量等に独自の値を使用する場合は、データ入力時に係数を追加することができ、追加した係数は排出係数表等の表に保存される。

(3) GHG排出量の算定式

ガイドラインに示されている排出量の算定式は、次に例示する5つのパターンに分類できる。

- 1) セメントの製造時のCO<sub>2</sub>排出量  
=石灰石使用量×排出係数
- 2) 家庭用機器による灯油暖房時のCH<sub>4</sub>排出量

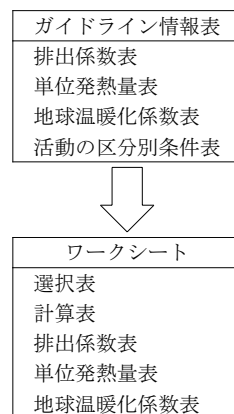


図2 算定に用いた情報

=燃料使用量×単位発熱量×排出係数

3) 変圧器等の使用によるSF<sub>6</sub>排出量

=SF<sub>6</sub>封入量×排出係数×使用期間

4) HFCを含む溶剤の使用によるHFC排出量

=使用量-回収・処理量

5) 消火器の使用又は廃棄によるHFC排出量

=使用量+廃棄量

活動の区分ごとに、算定に必要な要素は異なるが、単位発熱量や使用期間のない活動の区分は、単位発熱量や使用期間を1、回収・処理量や廃棄量のない活動の区分は、回収・処理量や廃棄量を0、4)及び5)では、排出係数を1(使用等による排出量は使用した量に等しい)と考えれば、算定式は次のように一般化して扱うことができる。

排出量=活動量×単位発熱量×排出係数×使用期間－  
回収・処理量+廃棄量

(4) 二酸化炭素等量への換算

それぞれのGHG排出量に地球温暖化係数を掛けて二酸化炭素等量に換算した。これは、SF<sub>6</sub>はCO<sub>2</sub>の23,900倍も温暖化に及ぼす影響が大きい[1]など、GHGごとに地球温暖化に及ぼす影響の程度が異なるため、単に排出量を積算しても地球温暖化に及ぼす影響を評価できないためである。

(5) GHGの種類別の排出量や総排出量等の集計

GHG排出量等の算定結果は、計算表に記録し、これをもとにエクセルのピボットテーブル機能を用いて、GHGごとの排出量や二酸化炭素等量換算値の総計等の集計を行った。ピボットテーブルで集計を行う場合は、エクセルのピボットテーブルの画面で集計条件を設定することが必要となるが、算定システムでは、図3に示す集計条件作成フォームを用いて集計条件の作成ができ、ピボッ

トテーブルを意識する必要がない。作成した集計条件は名前を付けて保存しておき、集計時に必要な集計条件名を選択して集計を実行し、結果を得ることができる。ピボットテーブルは、エクセルのピボットテーブル機能をプログラムで制御して作成しているが、このピボットテーブルを直接操作して集計条件を変更する事も可能であり、自由度の高い集計が可能である。

(6) 集計結果の印刷

ピボットテーブル画面は、印刷時に項目の内容が一部しか表示されないなど、列幅の調整が必要な場合が多いため、印刷用に列幅等をプログラムで調整した印刷用シートを作成して利便性の向上を図った。

2. 算定の一例

図3の集計条件作成フォームに示す集計条件の下に実施したGHG排出量の集計例を図4に示す。集計条件作成フォームにあるページ項目、行集計項目等は、ピボット

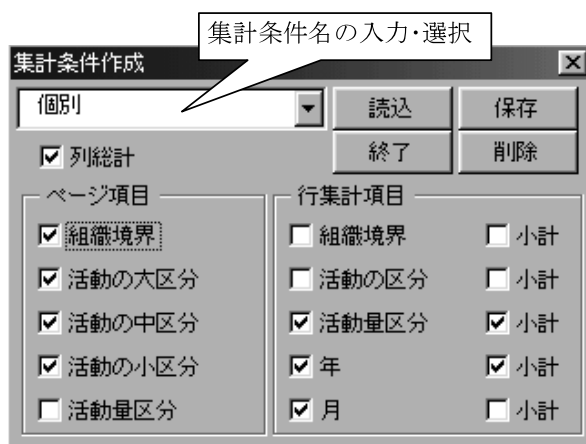


図3 集計条件作成フォーム

	A	B	C	D	E	F	G	
1	組織境界	すべて						
2	活動の大区分	すべて						
3	活動の中区分	すべて						
4	活動の小区分	すべて						
5	活動量区分							
6					GHG	GHG換算		
7					GH4	N2O	CO2換算値	
8	活動量区分	年	月	年次	kgCH4	kgCO2	kgCO2	
9	木材の使用量		2004	10	GHG排出量	0.001728	0.00009072	
10					CO2換算値	0.039016	0.0281232	
11				11	GHG排出量	0.002308	0.00013382	
12					CO2換算値	0.059969	0.04164912	
13				12	GHG排出量	0.003456	0.00018144	
14					CO2換算値	0.077992	0.0562944	
15	小計			2004	GHG排出量	0.007992	0.00040608	
16					CO2換算値	0.173016	0.12901824	
17				2005	1	GHG排出量	0.005184	0.00026784
18						CO2換算値	0.108864	0.0803304
19					2	GHG排出量	0.006048	0.00031248
20						CO2換算値	0.127308	0.093888
21				2005	GHG排出量	0.011232	0.00059032	
22						CO2換算値	0.236872	0.1798992
23	木材の使用量	GHG排出量				0.019224	0.0009864	
24	木材の使用量	CO2換算値				0.408888	0.30591792	
25	木材のGHG排出量					0.019224	0.0009864	
26	木材のCO2換算値					0.408888	0.30591792	

図4 GHG集計の一例

テーブルでは、図4のように対応している。例は、燃料の燃焼で木材を燃料として使用した場合で、排出されるGHGはCH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oであり、GHG別の排出量や二酸化炭素等量換算値についての月別排出量や年別の排出量小計等が示されている。ピボットテーブルでは、例えば、ページ項目を指定して特定の活動の集計のみを調べるなどの検討が容易に行える。

## 結 言

環境省が示した「事業者からの温室効果ガス排出量算定方法ガイドライン」に基づく温室効果ガス排出量算定システムを、エクセル及びエクセルに付属するVBAを用いて開発した。温室効果ガス排出量の算定結果の集計にはエクセルの集計機能を用いており、手動でも集計方法の変更ができるシステムとしている。また、温室効果ガ

ス排出量算定のために入力したデータや算定結果はエクセルのブックに保存され、これを用いた解析などに容易に用いることができる。

地球温暖化対策の推進に関する法律に基づいて特定排出者に義務付けられた温室効果ガス排出量の算定・報告・公表制度においても同様な算定方法を用いていることから、開発したシステムが適用できるよう機能拡張を図って行く。

開発したシステムはホームページ (URL:<http://www.pref.hiroshima.jp/hec/>) で公開しており、温室効果ガス排出量削減の推進の一助となることを期待している。

## 参 考 文 献

- [1] 環境省 (2003) : 事業者からの温室効果ガス排出量算定方法ガイドライン。