

1. はじめに

近年、地球温暖化問題が大きく取り上げられている、その理由のひとつとして、京都議定書の第一約束期間がある。1997年12月に開催された国際連合気候変動枠組条約（UNFCCC = United Nations Framework Convention on Climate Change）第3回締約国会議（COP3 = Conference of the Parties）で採択され、2005年2月16日に発効した「京都議定書」では、二酸化炭素をはじめとする温室効果ガス（GHG = Greenhouse Gas）による地球温暖化防止のため、先進国平均で2008年から2012年のGHG平均排出量を1990年レベルより約5%削減することが定められている。（図-2に示す）京都議定書には、国際的に協調してこの削減目標を達成するための柔軟性措置（京都メカニズム）として、「排出量取引 = 国と国との間でGHG削減量を取引」（Emissions Trading）、「クリーン開発メカニズム = GHG排出量を抑えるための開発」（CDM : Clean Development Mechanism）, 及び「共同実施 = 国際的に共同で実施」（JI : Joint Implementation）が盛り込まれ、日本の削減目標達成において、CDMは重要な手段として位置づけられている。

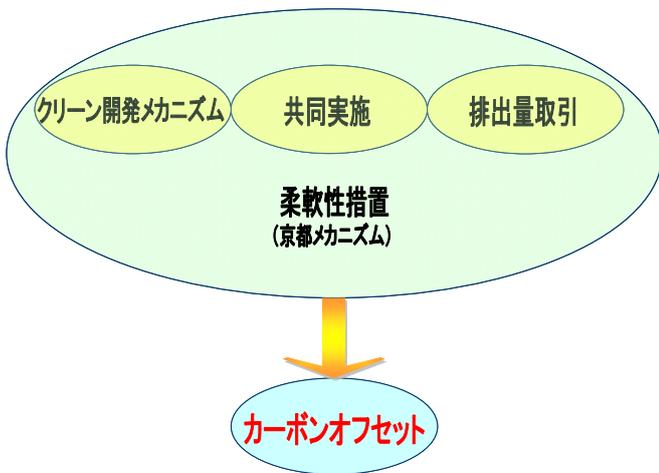


図-1 京都メカニズムの概要

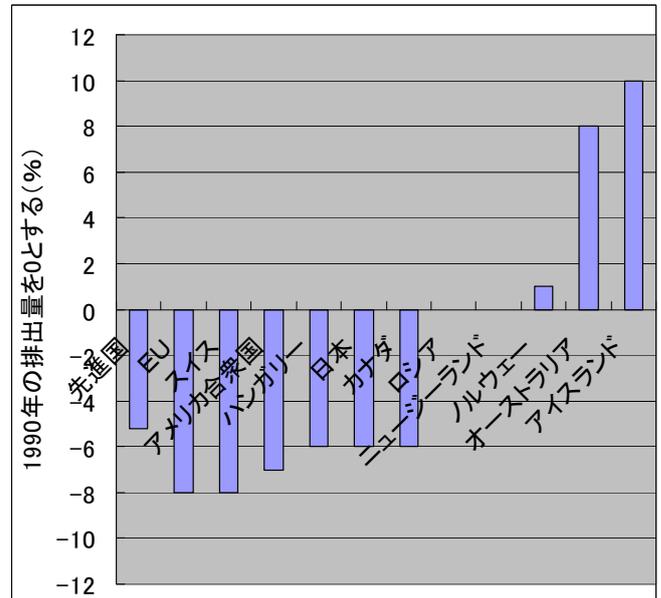


図-2 京都議定書で定められた主要国の排出削減目標（2008～2012期間目標）

2. カーボンオフセットとは

人間の経済活動には、多くのエネルギーが使われているがそのエネルギーの多くは化石燃料から取り出している。これを燃焼させることにより現在増加傾向にある二酸化炭素やメタンなどの温室効果ガスが発生する。エネルギー消費が多い程、温室効果ガスの排出量も多くなる。しかし、現在の社会はエネルギー消費なくしては成り立たない。「カーボンオフセット」は、省エネなどの努力をしても、どうしても排出が避けられない温室効果ガスを、別の場所・別の人が行なう「温室効果ガス削減事業」 = 「クリーン開発メカニズムプロジェクト」を技術面・資金面で援助することによりその効果を援助した分得ることで排出した温室効果ガスを差し引きゼロにまたはそれ以上にするという考えである。また、差し引きが排出量と同じになった状態のことをカーボンニュートラル、差し引きが排出量を上回った状態のことをカーボンポジティブという。（図-3に各状態を示す）

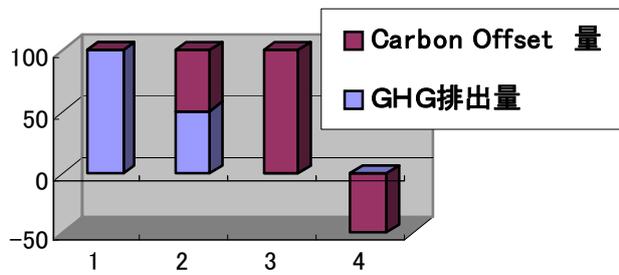


図-3 GHG 排出量を 100とした場合のカーボンオフセットの各状態

図-3 に、以下の各状態を示す。

- 1) Carbon offset を行っていない状態
- 2) Carbon offset を行い 2050 年の目標
- 3) 排出量＝カーボンオフセット量
(カーボンニュートラル状態)
- 4) 排出量<カーボンオフセット量
(カーボンポジティブ状態)

3. 武蔵工業大学世田谷キャンパスにおける二酸化炭素排出量の算定

(1) 範囲の設定

二酸化炭素排出量の算定を行う範囲として設定する。電気・ガス・水道・ゴミ・通勤通学 5 項目を範囲と設定した。

(2) 排出係数の決定

排出係数とは一定量の発電・燃焼により排出する温室効果ガスの重量であり各々以下の値を用いる。

- ・ガス 2.21 (kg - CO²/m³) [環境省より与えられた値を利用]
- ・水道 0.36 (kg - CO²/m³) [環境省より与えられた値を利用]
- ・ごみ 表-1 の値を利用 [NPO より与えられた値を利用]

表-1 ごみ排出係数

種類	排出係数 (CO ² -kg/t)
雑誌、パンフレット及び色付き紙	1.76
新聞及び折込チラシ	1.76
ダンボール	2.62
その他の紙類	1.76
飲料用瓶類	150
飲料用缶類	2120
ペットボトル	1100

・電気

表-2 の値 [各年に東京電力により与えられた値、5 年間分を利用]

表-2 電気の排出係数

年度	CO ² 排出量 (10万t-CO ²)	販売電力量 (億kWh)	CO ² 排出原単位 (kg-CO ² /kWh) 排出係数
2003	1272	2760	0.461
2004	1092	2867	0.381
2005	1061	2887	0.368
2006	976	2876	0.339
2007	1265	2974	0.425

・通勤通学

一人あたりの 1 km あたりの CO²排出量は交通エコロジー・モビリティ財団により与えられている。電車の場合は 19 (g・CO²/1 人・km) (H) であり同様に、バス=50, 車=173, バイク=50. 学生のアンケートにより通学により乗車している平均時間 (T) を算出し、平均速度 (V) を乗じることにより通学で乗車する平均距離を算出。通勤通学は往復なのでそれを 2 倍なお学生の車のみ送り迎えであることから 4 倍とした。

$$K = T \times V \times H \times 2 \quad (4)$$

これにより通学による本学生徒一人当たりの二酸化炭素排出量を求め、これに全校生徒数を乗じた。通勤に関しても通学と同様にして求めた。また通勤通学に関してのアンケートは今年度のみ行っており、5 年間同じ値と仮定し利用した。表-3 に、このように求めた通勤通学の排出係数を示す。

表-3 通勤通学の排出係数

	排出係数	単位
バイク	0.05	kg-CO ² /人-km
車	0.17	kg-CO ² /人-km
バス	0.05	kg-CO ² /人-km
電車	0.02	kg-CO ² /人-km

(3) 各排出源の二酸化炭素排出量の算定

(2) で求めた各排出係数と使用量を乗じたものが二酸化炭素排出量となる。表-4～表-8 に過去 5 年間の電気、ガス、水道の排出量を示す。また、表-9 にゴミ及び通勤通学の排出量を示す。

表-4 電気, ガス, 水道による排出量 (2007 年度)

年月	電気			排出係数	ガス			排出係数	水道			排出係数	CO ₂ 排出量 (t-CO ₂)		
	使用量(kwh)				排出量(t-CO ₂)				CO ₂ 排出量 (t-CO ₂)						
	A地区	B地区	合計		A地区	B地区	合計		一般使用量(m ³)	GHP使用量(m ³)	使用量合計(m ³)			使用量(m ³)	CO ₂ 排出量 (t-CO ₂)
2007年4月	364608	265512	630120	0.425 (kg-CO ₂ /kWh)	155.0	112.8	267.8	1412	5824	7236	2.21 (kg-CO ₂ /m ³)	16.0	9617	0.36 (kg-CO ₂ /m ³)	3.5
2007年5月	338688	256824	595512		143.9	109.2	253.1	1511	13427	14938		33.0	11433		4.1
2007年6月	433368	334200	767568		184.2	142.0	326.2	2617	27928	30545		67.5	11901		4.3
2007年7月	439296	325488	764784		186.7	138.3	325.0	3172	28022	31194		68.9	11331		4.1
2007年8月	434376	329568	763944		184.6	140.1	324.7	2434	22984	25418		56.2	11174		4.0
2007年9月	411624	314736	726360		174.9	133.8	308.7	1681	17971	19652		43.4	10150		3.7
2007年10月	391512	281064	672576		166.4	119.5	285.8	831	4273	5104		11.3	9868		3.6
2007年11月	405720	301224	706944		172.4	128.0	300.5	4830	15444	20274		44.8	11965		4.3
2007年12月	438360	353808	792168		186.3	150.4	336.7	5827	19055	24882		55.0	12214		4.4
2008年1月	411120	288240	699360		174.7	122.5	297.2	7518	25237	32755		72.4	10494		3.8
2008年2月	471336	365232	836568		200.3	155.2	355.5	4187	12917	17104		37.8	10052		3.6
2008年3月	330264	250944	581208		140.4	106.7	247.0	1826	5580	7406		16.4	9158		3.3
合計	4870272	3666840	8537112		2069.9	1558.4	3628.3	37846	198662	236508		522.7	129357		46.6

表-5 電気, ガス, 水道による排出量 (2006 年度)

年月	電気		排出係数	ガス			排出係数	水道			排出係数	CO ₂ 排出量 (t-CO ₂)
	使用量 (kwh)	排出量 (t-CO ₂)		一般使用量(m ³)	GHP使用量(m ³)	使用量合計(m ³)		CO ₂ 排出量 (t-CO ₂)	使用量(m ³)	CO ₂ 排出量 (t-CO ₂)		
2006年4月	616272	208.9	0.339 (kg-CO ₂ /kWh)	1122	3844	4966	2.21 (kg-CO ₂ /m ³)	11.0	9758	0.36 (kg-CO ₂ /m ³)	3.5	
2006年5月	539136	182.8		1569	12131	13700		30.3	10890		3.9	
2006年6月	699312	237.1		3132	32091	35223		77.8	11227		4.0	
2006年7月	797088	270.2		3888	23309	27197		60.1	11369		4.1	
2006年8月	747744	253.5		3185	21477	24662		54.5	11430		4.1	
2006年9月	723408	245.2		1542	13344	14886		32.9	11038		4.0	
2006年10月	676920	229.5		1118	5846	6964		15.4	11351		4.1	
2006年11月	719232	243.8		3956	14740	18696		41.3	11404		4.1	
2006年12月	804192	272.6		5463	18645	24108		53.3	11380		4.1	
2007年1月	690528	234.1		5357	17443	22800		50.4	11086		4.0	
2007年2月	796800	270.1		3653	12432	16085		35.5	10742		3.9	
2007年3月	572808	194.2		2127	7160	9287		20.5	9617		3.5	
合計	8383440	2842.0		36112	182462	218574		483.0	131292		47.3	

表-6 電気, ガス, 水道による排出量 (2005 年度)

年月	電気		排出係数	ガス			排出係数	水道			排出係数	CO ₂ 排出量 (t-CO ₂)
	使用量 (kwh)	排出量 (t-CO ₂)		一般使用量(m ³)	GHP使用量(m ³)	使用量合計(m ³)		CO ₂ 排出量 (t-CO ₂)	使用量(m ³)	CO ₂ 排出量 (t-CO ₂)		
2006年4月	616272	208.9	0.339 (kg-CO ₂ /kWh)	1122	3844	4966	2.21 (kg-CO ₂ /m ³)	11.0	9758	0.36 (kg-CO ₂ /m ³)	3.5	
2006年5月	539136	182.8		1569	12131	13700		30.3	10890		3.9	
2006年6月	699312	237.1		3132	32091	35223		77.8	11227		4.0	
2006年7月	797088	270.2		3888	23309	27197		60.1	11369		4.1	
2006年8月	747744	253.5		3185	21477	24662		54.5	11430		4.1	
2006年9月	723408	245.2		1542	13344	14886		32.9	11038		4.0	
2006年10月	676920	229.5		1118	5846	6964		15.4	11351		4.1	
2006年11月	719232	243.8		3956	14740	18696		41.3	11404		4.1	
2006年12月	804192	272.6		5463	18645	24108		53.3	11380		4.1	
2007年1月	690528	234.1		5357	17443	22800		50.4	11086		4.0	
2007年2月	796800	270.1		3653	12432	16085		35.5	10742		3.9	
2007年3月	572808	194.2		2127	7160	9287		20.5	9617		3.5	
合計	8383440	2842.0		36112	182462	218574		483.0	131292		47.3	

表-7 電気, ガス, 水道による排出量 (2004 年)

年月	電気		排出係数	ガス			排出係数	水道			排出係数	CO ₂ 排出量 (t-CO ₂)
	使用量 (kwh)	排出量 (t-CO ₂)		一般使用量(m ³)	GHP使用量(m ³)	使用量合計(m ³)		CO ₂ 排出量 (t-CO ₂)	使用量(m ³)	CO ₂ 排出量 (t-CO ₂)		
2004年4月	549600	209.4	0.381 (kg-CO ₂ /kWh)	1911	7639	9550	2.21 (kg-CO ₂ /m ³)	21.1	9336	0.36 (kg-CO ₂ /m ³)	3.4	
2004年5月	553392	210.8		4039	16020	20059		44.3	9984		3.6	
2004年6月	679584	258.9		9830	38188	48018		106.1	11481		4.1	
2004年7月	759960	289.5		9012	36402	45414		100.4	11781		4.2	
2004年8月	615888	234.7		5398	19216	24614		54.4	8721		3.1	
2004年9月	674496	257.0		4251	16869	21120		46.7	10317		3.7	
2004年10月	667704	254.4		1661	5131	6792		15.0	11127		4.0	
2004年11月	656184	250.0		4207	9718	13925		30.8	13328		4.8	
2004年12月	666888	254.1		8968	21397	30365		67.1	10843		3.9	
2005年1月	624888	238.1		11359	24170	35529		78.5	10026		3.6	
2005年2月	765504	291.7		7975	18990	26965		59.6	9131		3.3	
2005年3月	560904	213.7		3317	7914	11231		24.8	6972		2.5	
合計	7774992	2962.3		71928	221654	293582		648.8	123047		44.3	

表-8 電気, ガス, 水道による排出量(2003 年度)

年月	電気		ガス				水道				
	使用量(kwh)	排出係数	排出量(t-CO ₂)	一般使用量(m ³)	GHP使用量(m ³)	使用量合計(m ³)	排出係数	CO ₂ 排出量(t-CO ₂)	使用量(m ³)	排出係数	CO ₂ 排出量(t-CO ₂)
2003年4月	434808	0.461 (kg-CO ₂ /kWh)	200.4	1682	6186	7868	2.21 (kg-CO ₂ /m ³)	17.4	8681	0.36 (kg-CO ₂ /m ³)	3.1
2003年5月	449256		207.1	2681	14139	16820		37.2	9305		3.3
2003年6月	527664		243.3	4730	25349	30079		66.5	11273		4.1
2003年7月	678048		312.6	4073	23126	27199		60.1	11913		4.3
2003年8月	591000		272.5	4735	25113	29848		66.0	9656		3.5
2003年9月	659040		303.8	2344	12193	14537		32.1	11409		4.1
2003年10月	599952		276.6	2180	5431	7611		16.8	12998		4.7
2003年11月	647184		298.4	6791	14723	21514		47.5	11074		4.0
2003年12月	680832		313.9	11144	24217	35361		78.1	12056		4.3
2004年1月	613536		282.8	11789	22673	34462		76.2	10733		3.9
2004年2月	687936		317.1	7370	13419	20789		45.9	8961		3.2
2004年3月	521616		240.5	3704	6804	10508		23.2	8554		3.1
合計	7090872		3268.9	63223	193373	256596		567.1	126613		45.6

表-9 各年度ゴミ・通勤・通学排出量

	二酸化炭素排出量(t)				
	2007年	2006年	2005年	2004年	2003年
ゴミ	38.4	32.8	33.3	36.9	52.7
通勤・通学	1404.5				

4. 考察

この研究による推計では以上のように二酸化炭素排出量を求めることが出来た。この結果から電気の排出量が大きいことがわかる、割合にして年度によりことなるが5年間の平均値では電気が全体の約61%を占めていることがわかる。そのことにより電気使用量を効果的に減らす事が効果的と考えた。

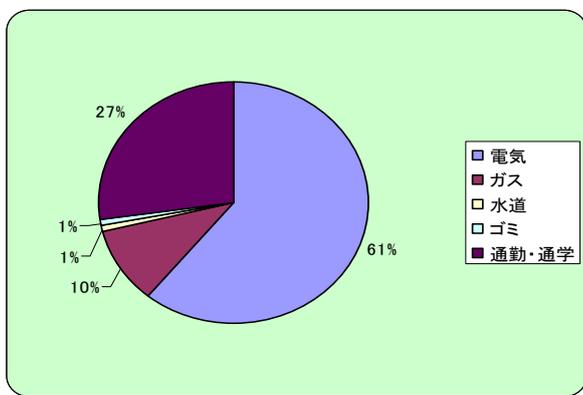


図-4 5年間平均排出量割合

5. 電気使用量について

本キャンパスには総床面積、いくつかの教室パターンのサンプルより推計した結果約 25000 本の蛍光灯が使われている。そのうちの 6250 台(約全体の 25%)にダミー管を適用した場合を例として以下のように示す。

$$0.04\text{kwh} \times 12 \text{ 時間} \times 250 \text{ 日} \times 6250 \text{ 台} = 750000\text{kwh}$$

これにより電気使用量全体の 8%を削減することが可能となる。

6. 木と林によるオフセットの試算

この二酸化炭素排出量の全て森林を作ることによりオフセットする場合の試算を以下に示す。

ヒノキ一本による二酸化炭素吸収量は年 25kg

$$(5640393 \text{ kg-年}) / (25 \text{ kg-年/本}) = 225615.7 = 225616 \text{ 本}$$

5000 円募金で 16 本のヒノキを植えることができることより 70, 50 万円の費用により本キャンパスから排出される二酸化炭素はカーボンニュートラル状態にすることができる。面積換算すると一本あたり 10 平方メートル必要なことより面積換算すると 225.6ha 必要になる。図-5 にこの森林面積を本キャンパスと比較して示す。



図-5 本キャンパス・森林面積比較

7. まとめ

本研究では本キャンパスにおける二酸化炭素排出量を推計それにより何が大きな排出源なのか、効果的な二酸化炭素の削減方法について考察した。

8. 参考文献

- 1) 我が国におけるカーボンオフセットのあり方について (指針) 環境省, 2008. 6
- 2) 武蔵工業大学ホームページ, 2008. 7
- 3) 交通エコロジー・モビリティ財団ホームページ, 2008. 11