


環境対応印刷における VOCの削減とCO₂換算量の算出

Reduce the Non-Volatile Organic Compounds & kg-CO₂



Non VOC INK Version 2

 株式会社 久栄社
生産事業部 千葉工場

■ VOCとは

VOCとは、常温で気化・蒸発する揮発性有機化合物 (Volatile Organic Compounds) の総称で、特に沸点が260° C以下のもの (WHO基準) を指します。いくつかの族類に分類されており、主なものに下表のようなものがあります。

VOCは紫外光の下で、有害な光化学オキシダント (Ox) を形成したり、下のイラストのように太陽光の下で窒素酸化物 (NOx) や硫黄酸化物 (SOx) と反応し (均一反応)、あるいは直接凝集して (不均一反応)、SPMと言われる浮遊粒子状物質に変化し、呼吸器疾患や酸性雨の原因となると言われています。また、気化したものを直接吸引することにより頭痛やめまい、吐き気などを感じたり、肺機能障害の原因となると指摘されています。

族 別	VOC項目			
脂肪族炭化水素	n-ヘキサン オクタン ヘプタン	ノナン デカン ウンデカン	ドデカン トリデカン テトラデカン	ペンタデカン ヘキサデカン 他
芳香族炭化水素	ベンゼン トルエン エチルベンゼン	キシレン スチレン テトラメチルベンゼン	トリメチルベンゼン (124-, 123-, 135-)	エチルトルエン (m-, p-, o-)
ハロゲン類	ジクロロメタン クロロホルム トリクロロエタン	ジクロロエタン 四塩化炭素 トリクロロエチレン	ジクロロプロパン ブromoジクロロエチレン ジブromoクロロエタン	テトラクロロエチレン ジクロロベンゼン
エステル類 アルデヒド・ケトン類	酢酸エチル 酢酸ブチル	アセトン	ノナナール デカノール	メチルエチルケトン メチルイソブチルケトン
テルペン類 アルコール類	α-ピネン β-ピネン	D-リモネン	エタノール イソプロピルアルコール	ブタノール プロパノール



印刷工程では、一般の鉱物油インキや植物油インキのほか、印刷の際に使用する湿し水や印刷機のブランケット清掃の際に使用する洗浄液等に多く含まれています。当社では、印刷インキとしてVOCの含まれないNon-VOCインキを採用し、印刷方法として湿し水を全く使用しない水なし印刷を採用することにより、VOCを大幅に削減した環境対応印刷を確立し、提供しております。更に当社では、その印刷物の制作においてNon-VOCインキや水なし印刷の採用により、具体的にどの程度のVOCを削減出来たのかを数値で算出。更に解り易いようにCO²削減量に換算し、公表しております。算出方法の概要や具体的な方法については後述します。

■行政等による VOC の規制

前述のSPM (粒子状物質) については、トラックの排ガス規制を中心に東京都環境確保条例や埼玉県生活環境保全条例等で多くの自治体が規制の対象としています。VOCそのものについても、環境省がSPMの抑制だけでは不十分として、塗装や溶剤などに含まれるVOCの排出を抑える必要があると判断し、中央環境審議会が平成12年度に比較し22年度までに3割程度削減することを盛り込んだ大気汚染防止法の一部改正を今年度通常国会に提出することになっています。またPRTR法 (化学物質管理促進法) や東京都環境確保条例では一定量以上の多種のVOCの排出量の管理・報告を義務づけています。

米国では、既にEPA (環境保護局) が中心となりVOCの排出規制が行われており、現在35以上の州や地域で有機溶剤等の排出が法律により抑制されています。

■オフセット印刷インキの環境対応の推移

<アロマフリーインキ>

印刷用インキには石油系溶剤が含まれていますが、石油系溶剤には芳香族成分を含有し、その中でも特にアロマ溶剤と言われる芳香族炭化水素（アロマチック）や多環芳香族（PCA）は有害で、人体や環境への影響が懸念されています。そこでアロマ溶剤を含まないインキがアロマフリーインキとして開発されました。多くの企業が参加しているGPN（グリーン購入ネットワーク）では、下表の発注ガイドラインでレベル1の環境対応型インキとして推奨しています。

<植物油インキ>

アロマフリーインキの石油系溶剤の一部を植物系溶剤（植物油）に替えたのが植物油インキです。植物性の油であるため、VOCの排出量が少なく、また廃棄後の分解が容易で用紙を再生する際の脱色に適しています。また人的な生産物ですので有限な石油資源と異なり安定した供給が可能です。植物油インキを採用した印刷物には右記の環境マークを入れることができます。前述のGPNのガイドラインでは、レベル2の環境対応型インキとして推奨されています。



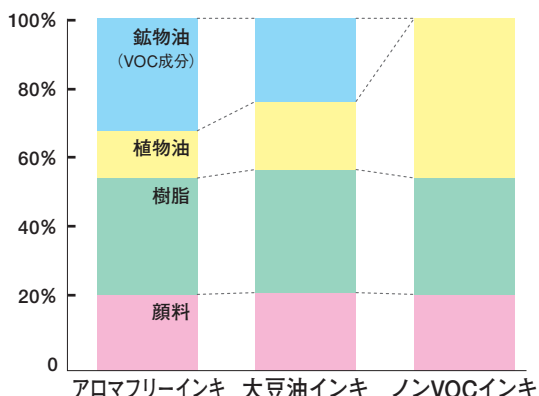
<Non-VOCインキ>

植物油インキとはいえ、植物油の含有率は油成分中20%~40%です。これを100%にしたものがNon-VOCインキです。製造過程においてVOC成分を全く含有しておりません。特に水なし印刷用のNon-VOCインキは、当社とサカタインクスが共同で開発し実用化したものです。Non-VOCインキを使用した印刷物には右記の環境マークを入れることができます。GPNのガイドラインでは、レベル2の中でも特に環境負荷の小さいインキとして推奨されています。



※一般に印刷インキにおけるVOCの定義では、冒頭のWHO基準によらず、VOC=鉱物油とされています。

■インキの組成比較表



資料提供：サカタインクス（株）

■GPN「オフセット印刷サービス」ガイドライン



2.インキ

ガイドライン（抜粋）

芳香族成分を含まない石油系溶剤を用いるとともに、植物油含有量を増やして石油系溶剤を削減したインキを使用すること

チェックリスト

- レベル1 芳香族成分を含まない（1%以下）の石油系溶剤のみを使用しているインキである（アロマフリーインキ）
- レベル2 植物油含有量20%以上、または、石油系溶剤15%以下である（オフ輪インキは除く）

背景説明（抜粋）

- レベル1：石油系溶剤の中でも特に芳香族成分（アロマ成分）は、健康への悪影響があり、一部は大気や土壌の汚染物質として指定されていますので、少なくとも芳香族成分を含まない（1%以下）溶剤のインキ（アロマフリーインキ）を使用する必要があります。
- レベル2：レベル1の内容に加えて、石油系溶剤を亜麻仁油、桐油、大豆油などの植物油で代替し、VOC成分を減らしたインキを使うことが望まれます。
- もともと溶剤成分が少ない枚葉インキでは、石油系溶剤を全く含まないインキも製品化されています。（このインキはレベル2の中でも特に環境負荷の小さいインキと言えます）

■ Non-VOC インキによる VOC 削減量の算出

当社では印刷インキにNon-VOCインキを使用していただいた発注先に対し、具体的に何グラムのVOC（インキの場合は鉱物油成分）を削減した事になるのかを算出し、レポートにして提出可能です。概要は、その印刷物を一般の植物油インキ（大豆油インキ）で印刷したと想定した場合と比較し、VOC使用量の差を「削減量」として算出するものです。Non-VOCインキにはVOCが含まれていないので、想定される植物油インキの使用相当量に含まれるVOC量そのものが「削減量」となります。植物油インキの使用相当量は実際にその印刷物で使用したNon-VOCインキ量から算出します。具体的な流れは以下のようになります。

- ① 当該印刷物の製造時に各色（墨、藍、紅、黄）ごとのNon-VOCインキ量を計測します。
- ② 下表のインキ比重表をもとに、Non-VOCインキ実使用量から各色ごとの植物油インキ使用相当量を計算により算出します。
 - 植物油インキ使用相当量 = Non-VOCインキ実使用量 × 比重換算値
- ③ 下表のVOC含有率をもとに、植物油インキ使用相当量に含まれるVOC量を各色ごとに算出し、合計します。
- ④ これを当該印刷物全ての印刷台数ごとに算出して、その総計がVOC削減量となります。その後、レポートを作成、提出します。下記のレポートは当社の環境パンフ（A4・8P）を2千部印刷した時の実際のVOC削減量です。

■ インキ比重表（1リットルあたりの重量）

インキ種別	Non-VOC	大豆油	比重換算※
墨	1.06kg	1.06kg	1.000
藍	1.04kg	0.99kg	0.952
紅	1.05kg	1.00kg	0.952
黄	0.96kg	0.94kg	0.979

※Non-VOCを1とした場合の大豆油の比較重量値

■ 大豆油インキのVOC含有率

インキ種別	含有率
墨	20%
藍	22%
紅	23%
黄	23%

両表ともサカタインクス（株）調べ。

Non-VOCインキは、Diatone 水無しエコピュア SOY CL-1。
大豆油インキは、Diatone 水無しエコピュア SOY GP。

<Non-VOCインキによるVOC削減量レポート>

削減結果		合計	削減率	VOC削減量	
1A	初刷り	4	キタ空	1,000	42.4g
1B	上がり	4	キタ空	1,000	89.2g
2A	初刷り				
2B	上がり				
3A	初刷り				
3B	上がり				
4A	初刷り				
4B	上がり				
合計				VOC削減量合計	131.6g

当該印刷物を水無しNon-VOCインキで印刷した結果、上記合計量相当のVOCを削減結果しました。

株式会社久栄社 環境推進室
〒104-0032 東京都中央区新富町1-20-44 番 03-3562-1771

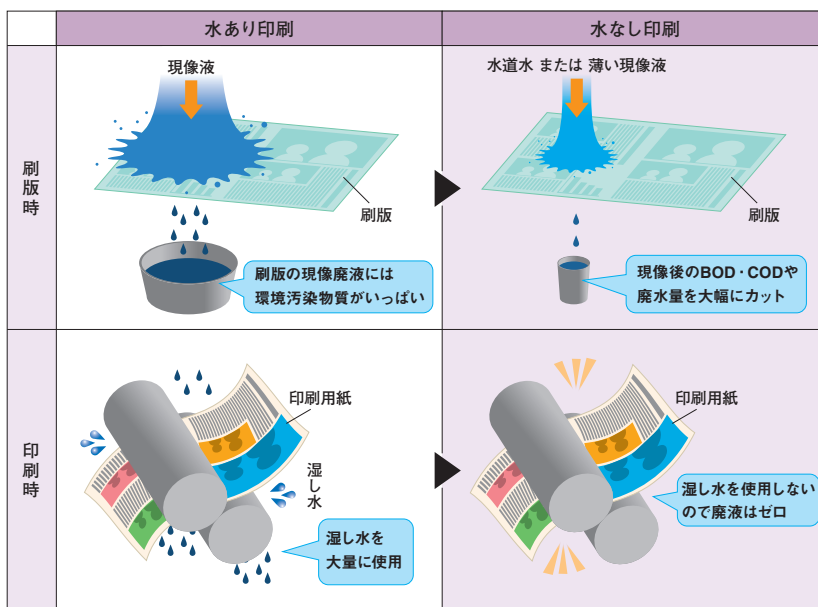
■水なし印刷の環境対応

通常の印刷（水あり印刷）では、印刷工程において水（湿し水と呼びます）を使用し、その水が油をはじく性質を利用してインキがつかない部分を作り出しています。この湿し水は単なる水道水ではなく、IPA（イソプロピルアルコール）やブタノールなどのVOCが含まれており、常に大量の湿し水を使用しているのが現状です。最近ではVOCの排出規制が厳しくなり、エチレングリコール等を揮発性の高いIPAの代替えとする製品も増えてきましたが、VOCが減少する一方でBOD※が上昇する問題が新たに出てきており、万能とはいかないようです。下表の「水あり印刷」工程における廃液から検出されたBODは20,460mg/ℓ。下水廃水基準値が600mg/ℓなので、およそ34倍ものBODが検出されていることとなります。さらに湿し水からは自然環境汚染のもう1つの指標であるCOD※も限定基準値のはるかに超えた数値が検出されています。

これに対して「水なし印刷」では、版の表面のシリコンゴム層が「水あり版」の湿し水の役割を果たしインキを反撥させるので、有害なVOC等を含む湿し水を一切使用しません。また、刷版工程においても、「水あり印刷」とは逆にインキの着く部分を露光・現像するため、用紙の余白等を入れると圧倒的に現像部分が「水あり印刷」の刷版と比べ少なくなり、廃液量・薬液使用量が大幅に減少し、右表のように環境への負荷が格段に少なくなります。

	水あり版		水なし版	
	現像廃液	湿し水	現像廃液	湿し水
PH	12.8	5.8	7.4	0
BOD (mg/ℓ)	645	20,460	38	0
COD (mg/ℓ)	21,500	14,080	110	0
廃棄物処理法	×	○	○	○
下水道法	×	×	○	○

東レ株式会社 WPA紹介資料より抜粋。



※BOD:

水中の有機物が微生物によって一定時間内に酸化分解される時に必要な酸素量を表す。有機物による水の汚染度を表す目安として生物化学的酸素要求量と呼ばれている。

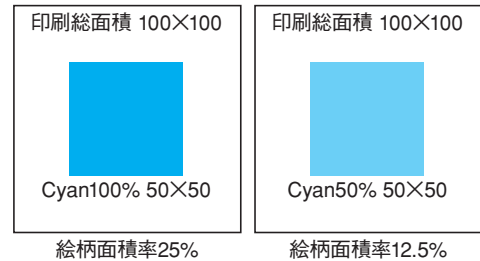
※COD:

水中の有機物を酸化剤で化学的に酸化分解される時に必要な酸素量を表す。有機物による水の汚染度を表す目安として化学的酸素要求量と呼ばれている。

■水なし印刷による VOC 削減量の算出と CO₂ 削減量への換算

Non-VOCインキと同様に水なし印刷でのVOC削減量を算出します。印刷工程におけるVOCは主にIPA（イソプロピルアルコール）ですが、これはCO₂排出量への換算方法がありますので、CO₂削減量へ換算出来ます。具体的には同等の印刷物を水あり印刷で印刷した場合を想定し、その際に使用する湿し水に含まれるIPAの使用量を削減量として算出および換算します。印刷ではインキの場合と異なり、湿し水自体を全く使用しないので、該当する印刷物の絵柄面積（右図）を指標とし、過去の統計から絵柄面積とIPAの相関関数を求め、それを用いてIPA使用量を概算で算出します。レポートとして出力も可能です。

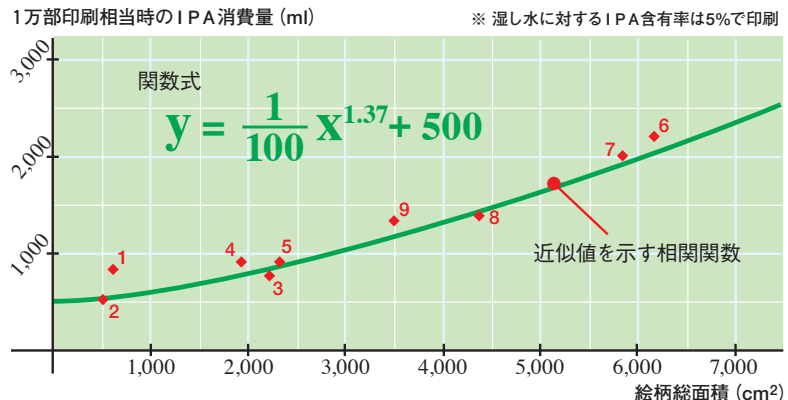
＜アミ点表現と絵柄面積率の関係＞



- ① 当該印刷物の元データから各色ごとの絵柄面積率を専用ソフトで計測します。
- ② 絵柄面積率から版サイズ、面付数等を考慮し、各印刷台数ごとの絵柄面積を計算します。
- ③ 下記の相関関数から、各印刷台数ごとのIPA使用量を算出し、比重換算でg表示に直してVOC削減量を算出、CO₂削減量に換算します。その後、レポートを作成、提出します。下記のレポートは当社の環境パンフ（A4・8P）を2千部印刷した時の実際のCO₂削減量です。

＜水あり印刷のIPA使用量統計データとそのグラフ＞

番号	用紙サイズ	通し数	各色合計 絵柄面積 cm ²	IPA消費量 ml	IPA消費量 1万部換算 ml
1	菊 半	5,000	601.2	400	800
2	菊 半	5,000	551.5	250	500
3	四六半	7,937	2,244.0	600	756
4	四六半	7,937	1,906.6	700	882
5	四六半	7,937	2,304.2	700	882
6	四六半	5,000	6,194.7	1,100	2,200
7	四六半	5,000	5,788.3	1,000	2,000
8	四六半	20,000	4,348.6	2,750	1,375
9	四六半	20,000	3,491.7	2,650	1,325



上表は実際の水あり印刷時の絵柄面積とIPA消費量の統計です。そのデータをグラフ化したのが上図の赤点で、その点を近似値で結ぶ関数を緑で表しています。単純な直線ではなく、若干の等比級数曲線を描き、複雑な関数式となっています。

＜水なし印刷によるCO₂削減量レポート＞

削減効果	台数	面積	色数	版サイズ	通し数	VOC削減量	CO ₂ 削減量
1A	印刷U	4	キタ全	1,000	46.9g	56.2g	
1B	上がU	4	キタ全	1,000	48.2g	57.7g	
2A	印刷U						
2B	上がU						
3A	印刷U						
3B	上がU						
4A	印刷U						
4B	上がU						
合計						95.2g	113.9g

＜IPAのCO₂削減量の換算方法＞

LCA手法を用いて、IPAの原料である原油の採油工程から、原油国からの輸送工程、ナフサの精製・分解工程までも考慮にいれて換算係数を計算し、1kg製造する全工程で大気へ放出される二酸化炭素量を算出。

IPA・1kgあたり 1.19 kg-CO₂

- ※ (株)東レリサーチセンター調べ。詳細は別紙資料を参照。
- ※ ここでいうCO₂削減量とは、VOCの削減量を単純にCO₂換算したものであり、水なし印刷全体におけるCO₂排出量が水あり印刷より少ない事を示すものではありません。

■VOC削減効果の実証

VOCの削減効果は制作した印刷物そのものにも効果として現れています。下表は弊社協力会社で「水なし印刷」と「水あり印刷」の両方で印刷したA4・64頁の印刷物を、小型チャンバー法というVOCを測定する方法を使用して、1日後に印刷物から蒸発しているVOC量を計測した結果です。小型チャンバー法とはチャンバーと呼ばれるステンレス製の小型容器の中に印刷物を入れ、24時間後のチャンバー内空気を採気し、ガスクロマトグラフ質量分析計によってVOCの放散速度を測定する方法です。この測定により総トータルVOC放散量は、圧倒的に水なし印刷の方が少ない事が、分かります。

族別	VOC項目	水なし印刷	水あり印刷	族別	VOC項目	水なし印刷	水あり印刷
脂肪族炭化水素	n-ヘキサン	4.0	9.2	テルペン類	α-ピネン	3.6	9.6
	2,4-ジメチルペンタン	<0.5	<0.5		β-ピネン	15.1	<0.5
	イソオクタン	316	235		D-リモネン	<0.5	57.8
	ヘプタン	<0.5	71.2	ハロゲン類	ジクロロメタン	9.5	2.9
	オクタン	10.4	47.4		クロロホルム	1.3	4.9
	ノナン	13.0	54.1		1,1,1-トリクロロエタン	<0.5	<0.5
	デカン	488	1260		1,2-ジクロロエタン	<0.5	<0.5
	ウンデカン	1060	2070		四塩化炭素	<0.5	<0.5
	ドデカン	48.2	126		トリクロロエチレン	<0.5	<0.5
	トリデカン	35.1	34.8		1,2-ジクロロプロパン	<0.5	<0.5
	テトラデカン	44.0	108		プロモジクロロエチレン	<0.5	<0.5
	ペンタデカン	43.2	134		ジブromoクロロメタン	<0.5	<0.5
ヘキサデカン	16.8	88.9	テトラクロロエチレン		<0.5	<0.5	
芳香族炭化水素	ベンゼン	1.2	4.2	p-ジクロロベンゼン	1.7	<0.5	
	トルエン	2.0	2.7	エステル類	酢酸エチル	2.8	4.8
	エチルベンゼン	1.4	11.4		酢酸ブチル	<0.5	<0.5
	キシレン	15.4	82.1	ア・ルケトンヒト類	アセトン	551	1040
	スチレン	3.1	5.5		メチルエチルケトン	21.8	28.8
	m-エチルトルエン	185	646		メチルイソブチルケトン	1.7	2.9
	p-エチルトルエン	92.9	354		ノナノール	<0.5	<0.5
	1,3,5-トリメチルベンゼン	134	480	デカノール	<0.5	<0.5	
	o-エチルトルエン	106	444	アルコール類・他	エタノール	104	2310
	1,2,4-トリメチルベンゼン	517	1710		イソプロピルアルコール	269	1970
	1,2,3-トリメチルベンゼン	155	571		1-プロパノール	8.6	117
	1,2,4,5-テトラメチルベンゼン	48.7	149		1-ブタノール	32.1	103
					トータルVOC		17600

単位：濃度 (μg/m³)

※ 機密測定登録事業所 株式会社ダイヤ分析センター測定。(2004年5月)

また下の写真は、VOC排出量の違いを視覚的に表現するため全く同じ印刷物を「水なし+Non-VOCインキ」と「水あり+植物油インキ」で印刷し、それを市販のクリアファイルに入れ、2週間放置したものです。左が入れた直後で右が2週間後です。おそらくVOCの揮発によるクリアファイルへの影響で、若干ですが「水あり」の方が歪曲しているのが見られます。



[7]

株式会社 久栄社 千葉工場

第一工場（印刷、刷版、業務）、第二工場（製本加工）

住 所 〒 266-0026 千葉県緑区古市場町 474-286 ちば印刷団地内

電 話 043-265-1110（ファクシミリ 043-265-3915）

本 社（営業、総務、工務）

住所 〒 104-0033 東京都中央区新川 1-28-44 電話 03-3552-7571（代表）

※ISO9001、ISO14001 及び GP 認定は、千葉工場のための適用範囲です。

製品情報テキスト シリーズ

- C1 千葉工場の概要
- C2 印刷技術の基本
- C3 品質管理体制
- C4 水なし印刷
- C5 FSC™森林認証
- C6 ISO 環境管理体制
- C7 リスクアセスメント
- C8 VOC 削減量の算出