



골판지製造 新技術



韓國紙技工社
代表 金 舜 哲

골판지 제조 신기술

1. 머리말
2. 종이원료는 무엇으로 만들어지는가 ?
3. 펄프의 종류
4. 종이의 제조
5. 종이의 Formation과 물성
6. 원지는 어떻게 사용해야 하는가 ?
7. 골판지 (Corrugated Fiberboard)의 제조
8. 양면기 (Double Facer)
9. 상자의 압축강도
10. 접착제
11. 와-프 (Warp)
12. Crrugator의 원지 Loss와 원단위
13. 기능성 골판지
(이상 통권 제2호~통권 제18호 게재)
14. 골판지 상자제조와 공해
(이상 본호 게재)

13-3. 또 다른 용도의 골판지(전호계속)

골판지는 주로 골판지 상자를 만드는데 사용되지만, 점차 그 용도는 광범위하게 이용될 전망이다.

현재까지 실용화 된 것으로는 골판지 파렛트(Pallet)를 비롯하여 콘크리트 형틀, 건축용 내벽과 천장의 단열재, 승용차 실내의 천장 가리개, 임시용도의 책상, 실내 미닫이문 등이 실용화되어 있고, 앞으로는 수답(水畚)이나 전답(田畚)용의 멀취(Mulch)로도 이용될 전망이다.

Mulch란 옮겨심거나, 씨를 뿌린 다음, 식물의 뿌리 부분

을 덮거나 보호해 주는 것이 Mulch 작업이다.

현재 Polyethylene Film등이 많이 이용되고 있으나, 이의 회수작업이 어렵고, 회수한다 해도 자연 분해가 되지 않으며 소각할 때는 심한 유독 Gas를 발생시켜 환경을 오염시키고 있다. 그럼에도 PE Film 이용은 점차로 늘어나고 있다. 그래서 값싼 골판지를 만들어 모내기를 간소화 한다거나, 저질의 판지로 PE Mulch를 대체하는 방향으로 연구하고 있다.

골판지에 모심는 간격으로 구멍을 뚫고 거기에 10 Mesh 정도의 면사망(綿絲網)으로 쌓은 벚씨를 접합시킨다. 이런 골판지를 논 속에 깔아주는 것만으로 모심기가 완료 될 수 있다. 이런 제품은 기계화될 것이므로 골라 놓은 논 위에 깔고 물만 보내면 모심기는 끝난다. 그리고 종이를 만들 때 질소, 인사가리 등의 비료를 배합해 주므로써 성장을 촉진 할 수 있고, 종이가 분해되는대는 40일 내외가 지나야 하기 때문에 잡초가 발생할 수 없어 유독성의 제초제(際草劑)사용이 필요없다.

그리고 문고병(紋枯病)의 발생률도 크게 줄일 수 있다. 이것이 실용화되면 우리나라같이 수답(水畚)이 많은 나라에서는 제2의 농업혁명이 될 것이고, 그 수요는 천문학적 숫자가 될 것이다. 수답(水畚)뿐 아니라 밭농사에도 PE대신 판지의 이용이 확대될 것이다.

현재로서는 PE에 비하여 1.5~2배의 가격차가 있으나, 환경오염의 처리비를 감안하면 가격 경쟁은 충분하다. 이런 농업용 Mulch 산업은 일본도 실험 단계를 거쳐 3개 제지가 실용화에 박차를 가하고 있다.

골판지는 아니지만, 골판지 원지를 만드는 공정에서 배출되는 찌꺼기(Sludge)의 이용도 다각적으로 연구되고 있다.

예를 들면, 해상 유출유의 흡착회수제와 공장의 폐유, 대형 식당에서의 식용유 흡수제 등의 개발도 그 한 예이다.

해상원유의 흡수제로서는 현재 무기계와 유기계가 이용되고 있다. 그 중에서도 유기계는 천연계와 합성계로 분류되는데, 현실적으로는 유기계(Polypropylene의 부직포)가 압도적으로 많아 금액상으로는 90%이상을 점유하고 있다. 그러나 유기계는 소각할 때 유독성 Gas를 발생하고 매립시에는 자연분해가 힘들어 회수처리가 어렵다. 그래서 제지공장의 Sludge를 이용하는 방향이 주목되고 있으며, 실제로 "Alfob"란 상품명으로 Denmark에서 발매하고 있다.

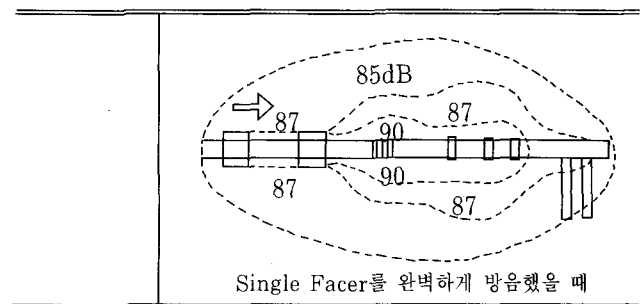
Sludge제의 원유 흡수제는 Sludge에 성형제를 혼합하여 Flake나 Sheet상으로 만들어 기름띠로 이용할 수 있다. 특히 Sludge 흡수제를 방수 처리하므로써 기름이 아닌 물의 흡수를 억제시키면 해상에서 7~8일 이상 부상하여 기름만을 흡수하게 되고, 일단 흡수된 기름은 연쇄 결합이 파괴되어 재침출되지 않는 장점이 있다. 그리고 합성계가 1g당 10~13gr밖에 흡착하지 못함에 대하여 Alfob는 gr당 Sheet상이 17gr, Flake(종이조각 모양)상이 25gr의 기름을 흡수하며, 소각해도 유독 Gas 발생이 없어 Boiler연료로도 회수 사용할 수 있다.

한편, 가축용 Paper bed계의 연구도 상당한 진척을 보이고 있다. 현재는 짚이나 톱밥, 벼껍질 등이 축사의 깔이개로 이용되고 있으나, Sludge에 성형제를 배합하여 Flake상으로 한다면 흡취(吸臭), 흡뇨(吸尿)로 사용될 수 있는데 이런 경우 특히 위생적이어서 면역성이 약한 어린 가축들의 사망율을 크게 줄일 수 있다는 것이 Denmark의 실적이다.

벚짚 등에는 무수한 미생물이 들어 있고, 어느 정도의 길이가 있어 깔아 주거나 걷어 모으는데 자동장치의 이용이 어려우며, 단위 무게당 흡수력이 약하다. 그러나 Sludge로 만든 Sludge Paper Bed는 특히 흡취력(吸臭力)이 강하여 축사의 분위기가 개선되며, 흡수력 또한 강하고 깔아 주거나 걷어 내기가 쉽다. 우리나라의 가축시장을 생각한다면 이의 시장 또한 크게 기대되는 바이며, 환경정화와 유기성 비료 이용으로 새로운 각광을 기대하고 있다.

골판지 제조 공정에서 제일 심한 소음은 Corrugator중의 Single facer 부분이다. 왜냐하면 분속 250m로 달린다면 A- Flute Single Facer에서는 500 Cycle/sec의 진동에 따른 소리가 발생하기 때문이다($250m/0.3 \times 36 \approx 30,000 \div 60sec \approx 500 \text{ Cycle/sec}$). 이런 관계로 영국의 Noise Reduction 사가 처음으로 1974년에 Single Facer를 한 개의 방으로 막아 버린 Encloser를 설치하여, Single Facer에서의 소음을 87dBA로 제한한 바 있다.

그후 영국에서는 1989년에 소음규제법(Noise at work regulations)과 환경보호법(Environmental protection act)이 새로 제정됨에 따라서 새로운 방음시설을 연구해 왔으며, 일본의 미쓰비시 중공업 등에서는 저소음 Belt Press형 Single facer를 개발하여 왔다. 그러나 Belt Single Facer의 경우도 소음은 적으나, 역으로 Corrugator의 Speed가 상승됨에 따라서 Encloser를 이용한다 해도 87dBA 이하를 유지할 수 없고, 그림 10-1과 같이 저속 Corrugator에서는 문제되지 않던 Over Bridge 상의 Brake, Mill Roll Stand Brake, Glue Machine, Double Backer, Slitter Scorer, Trim cutting Blower, Down Stacker 등의 소음이 문제되고 있다.



(그림 10-1) Corrugator 주변의 소음권

그래서 과거에는 Single Facer 부분의 Wet End 측에서만 소음이 문제였으나, 지금은 Corrugator 전역에서 소음이 시달리게 되었다. 다음은 dBA와 소음의 정도를 표시한 것인데 90dBA 정도만 되어도 오랫동안 듣게 되면 난청(難聽)의 원인이 된다.

80 dBA	주간의 시내 변화가
90 dBA	지하철의 내부
100 dBA	고가도(高架道)의 차내
110 dBA	갑작스런 경적

14. 골판지 상자 제조와 공해

14-1. 소음문제

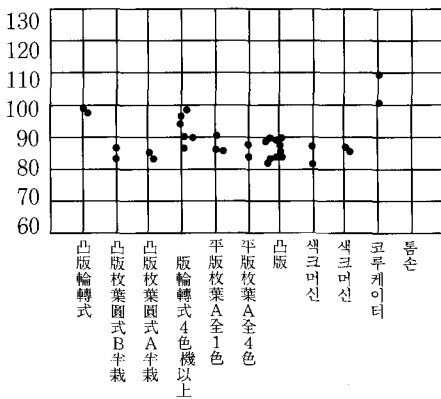
130 dBA

항공기의 Engine 소리

이런 점등을 참작하여 앞으로의 Corrugator는 공장의 벽 면에서 멀리 떨어지게 설치해야 하고(가까우면 음향 반사로 소음 증대) 저소음 Single facer 등을 선택하는 등 조합적인 소음 대책이 수반되어야 할 것이다.

한편 일본의 인쇄제분지공기계 협회가 조사한 Corrugator와 제상기 주변의 소음 level을 조사한 Data를 보면 다음의 도표와 같다.

이때의 대상시설은 Corrugator의 경우 지폭 1,600~2,200mm, 속도 100m 정도이고 Flaten die cutter는 Ao 판 크기, Sack Machine은 일본제 1대와 수입기계 1대, Printer는 4도 인쇄기 등을 선별 측정 한 것인데 소음의 측정 지점은 모두 대상 기계에서 1m 떨어진 곳에서 측정 한 것이다. 그런데 평판 윤전식 Printer가 그림 10-2와 같이 예상외로 높은 소음권에 있음을 유의해야 할 것이다.



(그림10-2) 1m지점에서 측정한 기종별 소음Level

소음은 난청의 위험 요인이 되기 때문에 일본의 산업위생 학회에서는 아래 표와 같은 소음의 허용 기준치를 설정하고 있다. 이것은 어떤 소음에 폭로(暴露)된 다음 2분 후에 일시 성 청력 손실이 일어나고, 이런 소음에 10년간을 연속폭로 당하면 영구성 청력 손실이 일어나는데 기준을 하고 있다.

예를 들면 중심 주파수(Hz)가 500일 때의 소음이 105 dBA라면 60분 폭로 당할 때 소음을 멀리해서 2분이 지나도 난청 현상이 일어나며, 이런 상태에서 10년간을 작업하게 되면 청력 손실을 가져온다는 것이다.

한편 ISO의 허용 기준을 보면, 85~90dBA 정도인데 이런 경우 난청의 위험율은 40년 폭로 당할 때 10~20% 정도가 된다고 보고 있다. 그래서 금후 인권의 신장에 따라서 보다 철저한 소음규제가 있을 것을 유념하여 시설에 참작해야 할 것이다.

청력보호를 위한 소음의 허용 기준(일본 산업위생학회)

중심주파수 (Hz)	소음 (dB)					
	480분	240분	120분	60분	40분	30분
250	98	102	108	117	120	120
500	92	95	99	105	112	117
1000	86	88	91	95	99	103
2000	83	84	85	88	90	92
3000	82	83	84	86	88	90
4000	82	83	85	87	89	91
8000	87	89	92	97	101	105

14-2. 감광성 수지 인판의 세제 문제

Flexo Printer용 감광성 수지판 “에라스톤”은 잉크의 전이성이 좋고 치수가 안정하며, 사용하거나 보관하기 편할 뿐 아니라 일정 강도의 노광(露光)만으로 쉽고 빠르게 성형되어 노광되지 않은 부분만 Trichloethane(CH_2Cl_2)으로 세척하면 완성된다.

그런데 이 Trichloethane이 자외선을 차단하고 있는 오존층을 파괴 한다고 해서 1992년 11월에 개최된 Montreal 의정서 체결국 회의에서 95년 말부터 전면 사용금지를 결정한 바 있다.

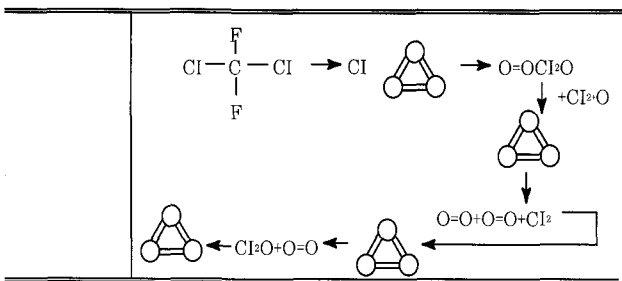
물론 감광성 수지판 용제로 사용되는 Trichloethane의 사용량은 전 Trichloethane 생산량의 극히 일부라고 하나 이것의 사용은 금지되어 있고, 새로운 용제의 개발이 있어야 한다. 그래서 일부에서는 Trichloethane이 아닌 순수 물질만으로 세척되는 감광수지판을 개발하고 있다.

Ozon층을 파괴하는 것은 Trichloethane 외에도 한때 냉동기의 냉매로 사용했던 “프론”도 큰 주범이었다. 여기에서 말하는 프론이란 탄화수소(예를 들면 Ethane = CH_4)중의 수소(H)를 염소(Cl)나 불소(F)로 대체한 것의 총칭이다. “프론”은 비교적 안정한 화합물로서 다른 물질과 반응하지 않고, 무독성이면서도 압력에 따라 기화(氣化)와 액화(液化)가 반복되면서 열을 흡수하므로 가장 좋은 냉매여서 그동안 냉장고, Aircon 등에 가장 많이 사용되어 왔다. 이

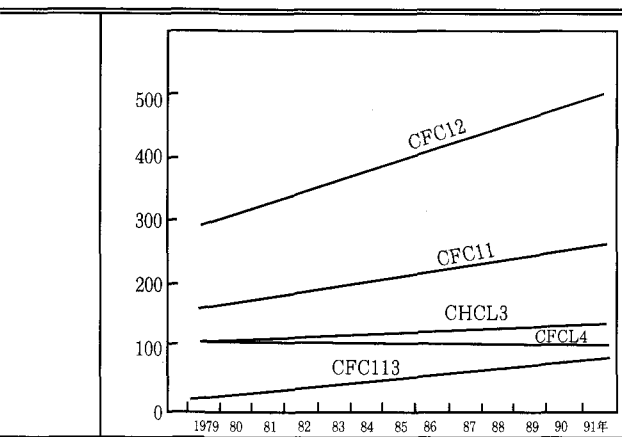
“프론”은 또 기름을 잘 용해시켜 전자회로 등 정밀부품의 세척제, Urethane 등의 발포제, Spray의 분사제 등에 많이 사용되는 유익한 화합물이었다.

그런데 이 “프론”은 안정한 화합물이기 때문에 대류권(對流圈)에서는 거의 분해되지 않고 전량이 성층권(成層圈)까지 도달한다. 그리고 성층권에서 강한 자외선을 흡수하면서 분해되어 염소원자를 방출하게 되는데, 이 염소가 Ozon(O₃)을 분해하여 산소(O₂)분자로 만든다. 이런 반응은 연쇄적으로 일어나 다음 그림과 같이 Ozon 수만개를 분해시켜 버린다. 이와 같이 Ozon층을 분해시킴에 따라 태양광선의 자외선 흡수가 불가능하여 인류 생활을 위협하고 있다.

프론1개 분자는 그림10-3과 같은 연쇄 반응으로 수만 개의 분자를 파괴한다.



(그림 10-3)

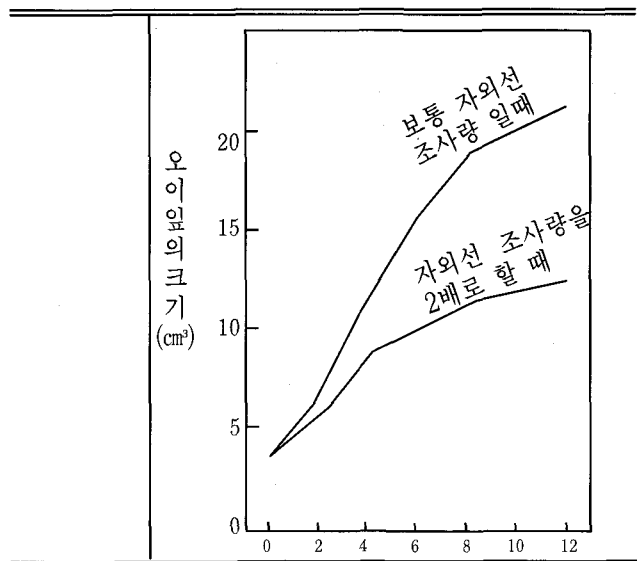


(그림 10-4) 매년 증가되는 CFC의 증기율

이것은 일본의 북해도 지방에서 측정된 “프론”의 농도변화(연도 별)농도의 단위 PPTV는 체적비로 1조분의 값(10⁻¹²)

이와 같은 Ozon층 분해는 해가 거듭할수록 심하여 그림 10-4와 같이 대기 중의 CFC는 계속해서 증가하고 있다.

이런 추세라면 2000년에 가면 Ozon층 파괴는 여름철에 6%, 겨울철에는 10%로 예상되어 지표면의 자외선은 자꾸만 증가하게 될 것이다. 대체적으로 성층권의 Ozon이 1% 감소된다면 강한 자외선 때문에 백인의 경우는 피부암의 발생률이 26%나 증가하고, 백내장의 발병 수는 연간 160~170만이나 증가 할 것으로 예측되고 있다. 또 열은 해변의 Plankton에 치명적이며서 동식물의 생태계를 위협하고 곡물의 감소는 피할 수 없게 된다. 특히 보리, 강냉이 등의 광합성이 크게 억제된다.



(그림 10-5) 자외선 조사량을 2배로 하였을 때 물오이 잎파리의 성장속도는 반감으로 감소된다.

그림 10-5는 자외선의 조사(照射)량을 2배로 할 때, 오이 잎파리의 성장 저하를 측정하여 추정한 것이다. 프론이 Ozon층을 파괴한다는 사실은 1974년에 California 대학의 “로란드”교수와 “모리나”박사가 발표한 연구논문이 처음이었는데, 이것이 인류생활을 크게 위협하고 있어서 2000년까지는 5종류의 특정 프론(CFC), 3종의 특정 Halon, 기타 10가지의 CFC, Trichlor ethane에 염화탄소 등이 추가되어 이것들이 2000년까지는 완전 생산 금지하도록 “몬트리올”의정서에 합의하고 있다.

14-3. 폐수의 처리문제

일반적인 골판지 공장의 폐수 수질을 보면 대체적으로 COD 4,500 ppm, BOD 2,500 ppm, SS 8,000 ppm 등으로 다른 공장 폐수보다 양은 적으면서도 그 수질은 크게 나쁘다.

이들 폐수는 주로 Flexo ink의 폐액과 Corrugator의 Glue 폐액이 주종이며 그 물은 Corrugator 1대와 그에 상응한 제상 시설일 때 하루에 10~15m³이 된다.

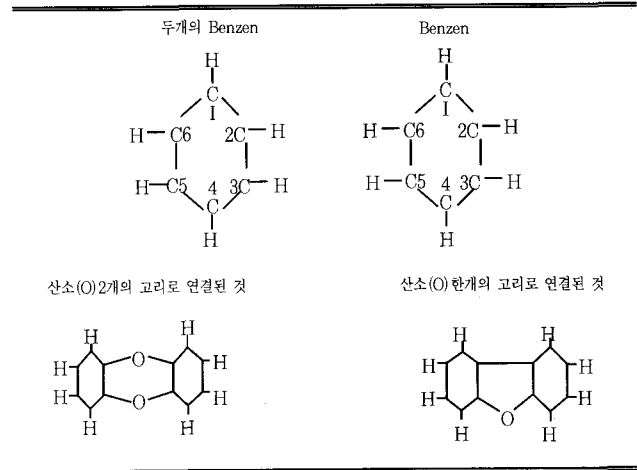
지금까지는 모두 폐액을 일정한 크기의 Tank에서 어느 정도의 응집제로 응집시킨 다음, 침전시키거나 가압 부상시켜 부유물을 제거하는 일차 처리에 이어, 미생물에 의한 활성오니(汚泥) 처리로 COD와 BOD를 줄이는 2차 처리와 활성흡착탄(活性吸着炭)으로 색소를 흡착 제거하는 3차 처리 공정을 하고 있다. 그러나 10~15m³ 배출량을 위해서 이런 공정설비를 한다는 것은 투자규모가 생산 설비보다 너무 높고 설치 면적이 많은 데다가 그 유지 또한 어려워 우리나라의 경우 대부분이 일차 처리 정도로 모면하고 있으나 앞으로는 크게 규제될 것이다.

다행히 최근에는 UF(Ultra micro Filter) 폐액처리 장치가 개발되어, 적은 면적에 적은 투자로 소량 폐액을 완벽히 처리할 수 있는 장치가 개발되었다. 그래서 여기에서 얻은 정화수는 호액 제조에 재사용 할 수 있어 배출수를 크게 줄일 수 있고 무인 운전이 가능하며 Filter는 역삼투 System으로 다녀간 사용 가능한 장점들이 있으므로 환경보존을 위해서 필히 채택해야 할 것이다.

14-4. 다이옥신(Dioxine)과 골판지

요즘 환경문제로 가장 심각하게 취급되는 것 중의 하나가 다이옥신이다. 그 발생 원인은 잘 규명되어 있지 않으나, 그 맹독성은 대단하여 엄격한 제한을 받고 있다. 다이옥신의 구조를 보면 2개의 벤젠(Benzen)이 한개 또는 2개의 산소(O) 고리로 연결되고 벤젠중의 수소 몇개가 염소로 대체된 것을 총칭하여 다이옥신이라 부른다. 이것을 시성식으로 표시하여 보면 그림 10-6과 같다.

이렇게 한 개 또는 2개의 산소를 고리로 연결된 두개의 벤젠(Benzen)중의 수소(H) 몇 개가 염소(Cl)로 대체된 것을 통털어 다이옥신이라 부른다. 그리고 그 독성은 염소(Cl)가 어느 위치의 수소(H)와 대체되었느냐에 따라 다른데 그중 2, 3, 7, 8의 수소가 염소로 대체된 테트라 클로로 벤조 다



(그림 10-6)

이옥신(Tetra chloro benzo dioxine = T₄CDD)과테트라 클로로 벤조 벤조후란(Tetra chloro benzo Furan = T₄CDF) 등이 제일 강한 독성을 가진 것으로 규명되어 있다.

구조적으로 볼 때 염소(Cl)화합물이 벤젠핵(C₆H₆)과 만나면 다이옥신이 발생할 수 있다. 따라서 목재 중의 목질부인 리그닌(Lignin)속에는 많은 벤젠핵이 있으며 펄프공정에서 표백하는데 많은 염소가 사용되므로 펄프 공정에서 다이옥신은 자연스럽게 발생될 수 있다.

또 각종의 염화 유기물(예를 들면 플라스틱 비닐 등)의 소각에서도 발생할 수 있다. 소각시의 발생 조건을 보면 대략 250~300℃ 에서 발생되고 800~1000℃에서 분해되는 것으로 규명되고 있는데 그 치사량은 T₄CDD의 경우 1μg/kg = LD₅₀정도가 된다. 여기에서 LD₅₀은 동물의 실험에서 체중 kg당 1μg을 투여할 때, 50% 정도가 사망한다는 뜻이다.

다이옥신의 치사량(물모트 기준)

다 이 옥 신 종류	치사량 LD50 (μg/kg)
모노클로로 (Mono chlor = MCDD)	
디클로로 (dichlor = DCDD)	300,000
트리클로로 (Trichlor = T ₃ CDD)	29,000
테트라 클로르 (Tetrachlor = T ₄ CDD)	1
펜타 클로르 (Penta chlor = T ₅ CDD)	3
헥사 클로로 (Hexachlor = H ₆ CDD)	73
헵타 클로르 (Heptachlor = H ₇ CDD)	7,200

60 kg 사람의 경우 60 μ g(0.06g)이면 50% 정도는 사망한다고 하니, 얼마나 무서운 독성인지 가늠할 수 있다. 전폐이지의 표는 여러가지 다이옥신의 치사량을 표시한 것이다.

현재까지의 조사로는 다행히 펄프 제조공정에서 배출되는 극미량의 다이옥신은 인간의 건강과는 어떤 관계에 있는지 규명된 바 없고 더욱이 골판지에서는 전혀 검출된 바 없다. 그러나 칩(Chip)의 방부제나 목재 파렛트의 방부제로 사용되는 트리클로로 페닐(Trichlor phenil = TCP)와 트리클로로 아니솔(Trichlor Anisole = TCA) 등이 골판지로 이전될 가능성은 있다.

다이옥신과 같은 독성은 아니지만 냄새가 고약한 황화수소(H₂S)와 디벤질 디 설파이드(Dibenzyl disulfide = DBDS)등은 다음과 같은 양이 검출되고 있는데, DBDS의 경우 0.5ppm 이상 함유되면 골판지에서 냄새가 발생하고 황화수소(H₂S)의 경우, 구리나 은제품을 포장할 때 변색을 일으키는 문제가 있다. 다음 표는 시중 원지 중에서 검출된 DBDS나 H₂S의 검출량이다.

시판 원지의 DBDS의 함유량

구 분	DBDS의 함유량
라 이 너	0~1.6
골 심 지	0~1.0

그러면 어디서 발생하는가? 가장 많이 발생하는 곳이 소원지중의 황화수소(H₂S) 함량

구 분	환원성 함량 (ppm)	700g/m ² 골판지중 HS 함량
A급 라 이 너	13~20	18.6mg/m ²
B급 라 이 너	15~25	
C급 라 이 너	15~25	
골 심 지	18~25	

각시설의 배출가스이지만, 화합물이 아닌 일반 쓰레기 소각의 경우는 전혀 발생되지 않는다.

PVC, 염화비닐 등과 같은 유기염소 화합물이 연소될 때 250~300℃의 온도에서 발생되고, 800~1,000℃에서 분해된다고 보고 있다.

우리나라의 경우 소각시설에서 연간 17.2g의 다이옥신이 발생되고 있다. 한 해에 50억갑의 담배를 피울 때 겨우 25mg의(소각시설에서 배출되는 다이옥신의 490분의1)다이

옥신이 발생하는 양에 비하면 엄청난 양이 소각장에서 나오고 있고, 그 주범은 염소유기합성물(염화비닐, PVC 등등)들이다.

서울 목동 소각장 신 소각로에서 배출되는 다이옥신은 당초 설계 기준치의 5배에 달하는 m³당 2.3ng(ng:나노g은 10억분의 1g)가 배출되고 있다고 해서, 한때 중지한 일이 있다. 이와 같은 배출농도는 다음과 같은 나라가 기준으로 하고 있는 배출농도에 비하면 너무 높았기 때문이다.

외국의 소각로 다이옥신 기준치(m³당 mg)

나라 별	기 준 치
독일, 스웨덴	0.1
오스트리아	"
네덜란드	"
덴마크	1
노르웨이	2
캐나다	0.5
일본	0.5
한국	0.5

설계를 보완하는 것도 하나의 방법이지만, 근본적으로 이런 염화유기물의 소각체를 배제하는 것이 중요하다.

다이옥신중의 테트라클로로(T₄CDD) 경우는 물모트 실험에서 체중 1kg에 μ g(0.001gr)만 투여해도 50%가 살아남지 못한다는 맹독성이다. 우선 쓰기 편하고 값이 싸다고 해서 선택하는 염화유기물 포장재가 결국 어떻게 우리를 위협하고 있는지 한번쯤은 생각해 봐야 할 것이다.

덴마크처럼 1m³의 배출가스당 1.0ng만 배출해도 이것이 대기로 확산하여 우리의 농산물을 통해 다시 우리 체내로 축적된다는 사실은 바로 우리의 생명을 스스로 독촉하는 것이 되기 때문이다.