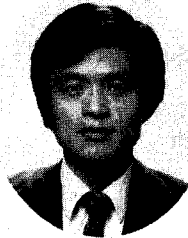


# 유기용제에 대하여



金潤信

(한양대 의과대학 부교수)

## I. 서론

실내공기질(Indoor Air Quality)에 대한 사람들의 일반적인 관심은 무관심한 편이다. 일반적으로, 이들은 생활면에서 별다른 문제가 없다고 믿고 있으며 쉽게 제어할 수 있다고 믿고 있다. 그리고 또 이들은 실내공기질이 저하된다고 느낄 때 그것을 감지할 수 있는 감각을 갖고 있고 저하된 공기질을 향상시키기 위하여 흡연자들의 흡연을 제한하거나 창문을 열어 환기시킬 줄 아는 지각을 갖고 있다. 그런데 일부 사람들은 사무실이나 공공건물의 공기질이 개개인의 통제에 덜 영향을 받는다고 여기고 있는데 사실상은 그렇지 않다.

우리는 뚜렷한 이유없이 인체에 어떠한 이상을 느끼게 하는 건물에서 일하고 있지 않다면 대개 별 관심을 갖지 않게 된다. 그러나 일부 건물에서의 공기질은 건강에 있어 명확한 위험을 나타낼 수도 있다. 이와 같이 실내공기 오염물질

들중 몇몇은 수천명의 사망자를 발생시킬 수 있는 잠재적인 원인이 될 수도 있으므로 지속적인 관심으로 이들 오염물질들의 수준이 얼마인지를 평가해야 한다.

실외오염물질의 평균농도는 실내오염물질 평균농도에 비해 상대적으로 낮아지고 있는 추세이지만, 대조적으로 평균 실내공기는 과거에 비해 그 질이 저하되고 있는 실정이다. 이것은 우선적으로 에너지 효율을 높이기 위해 많은 새로운 건물구조와 낡은 건물구조에 절연재 사용 및 밀폐화로 환기율을 줄여왔기 때문이다. 실내공기질을 저하시키는 또다른 요인으로 작용하는 것은 난방을 위해서 목재난로와 배기되지 않는 등유 난방기를 사용하기 때문이다. 이러한 두가지 모두는 실내공기에 대한 문제를 야기시킬 수 있다. 세번째 요인은 formaldehyde와 같은 많은 양의 오염물질을 방출하는 합성건축재료들의 사용이 증가한 것에 기인한다.

고도로 산업화된 사회에서 사람

들은 실외에서 보다는 사무실이나 학교, 병원, 일반가정 등에서 위험한 공기오염물질에 훨씬 높은 정도로 폭로되고 있다.

이와같이 실내공기질이 중요하게 여겨지는 것은 대부분의 사람들은 이들의 거의 90%에 해당하는 시간을 실내에서 보내고 있고 이러한 이유로 실내공기를 호흡함으로써 인해 건강상의 문제를 일으킬 수 있는 잠재적으로 높은 위험에 놓이게 된다.

특히 유아들이나 노인들과 같이 대부분의 시간을 실내에서 보내고 있는 사람들은 두통, 우울, 피로, 흥분성, 신경과민 증상들, 심장병 그리고 암과 같은 유해한 영향에 가장 민감한 반응을 나타내고 있다.

일부 새로 지은 건물에서는 일명 빌딩 증후군(Sick Building Syndrome)과 연관이 있는 화학물질 즉 VOCs중 Xylenes과 decane이 실외 공기에서 보다 그 농도가 100배 이상이었음이 밝혀졌다.

이 논고에서는 실내공기질에 따른 문제 발생의 한 원인이 되고 있는 VOCs(Volatile Organic Chemicals)에 대하여 그 종류에는 무엇이 있고 발생원 및 이 물질이 인체에 미치는 영향, 그리고 예방대책은 무엇인지를 살펴보기로 하겠다.

### 1. VOCs의 종류, 발생원, 인체에의 영향

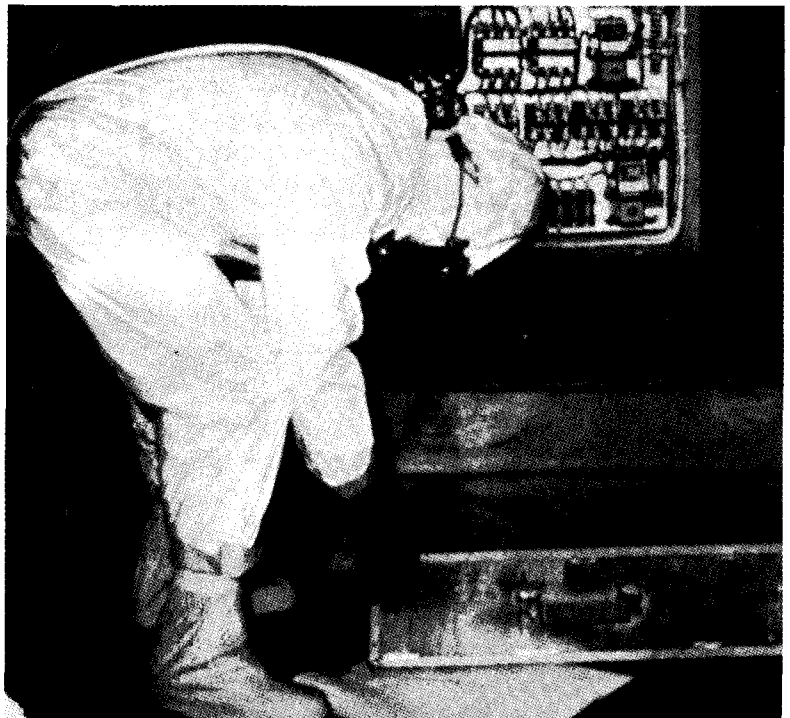
유기용제란 피용해물질의 성질을 변화시키지 않고, 문자 그대로 어떤 물질을 녹일 수 있는 액체성 유기화합 물질을 말한다.

VOCs의 일반적인 항목을 추적해보면 건축재료, 세탁용제, 가구설비, 살충제로 Latex caulk, carpet adhesive, latex paint, telephone cable, carpeting, 그리고 particle board는 VOCs에 있어서 가장 높은 방출원들이다.

VOCs는 그 용도가 광범위하기 때문에 종류는 꽤 많으나 용제로서의 공통된 성질을 가지고 있어야 한다.

첫째로 물질을 녹이는 성질과 둘째로 실온에서는 액체이며 휘발하기 쉬운 성질이다. 특히 유기용제는 유지류를 녹이고 또 그것에 스며드는 성질이 있으므로 피부로부터 흡수되기 쉽고, 체내에 흡수된 후에도 중추신경과 부신등 주요기관을 침범하기 쉽다. 이와같은 용제는 휘발성이 크므로 공기중에 가스로서 포함되는 일이 많으므로 이런 물질들은 피부에 직접 닿지 않더라도 호흡기로 흡입되어 증독을 일으키게 된다.

유기용제는 크게 다음의 8가지로 분류한다. 탄화수소계, 유기용제, 할로겐화 탄화수소, 알콜류, 에스테르류, 알데히드류, 케톤류, 글리콜류, 에틸류 및 기타의 용제들 모든 화합물중 Benzen을 제외한 실내농도는 실외에서의 원인들을 명확하



▲유기용제들은 피부에 직접 닿지 않더라도 호흡기로 흡입되어 증독을 일으키게 된다.

## 새로 지은 건물에서는 Xylenes와 decane의 농도가 실외공기에서보다 100배 이상이었음이 밝혀졌다.

게 하였을 때, 실외수준을 능가하였다.

새로 지은 건물에서는 건물 완성 후 방향족과 지방족 탄화수소 농도가 상당히 높게 나타났다.

다음 몇개월이 지나고나면 그 농도는 급격히 저하되는데 경우에 따라서는 실내농도를 실외농도와 같

은 농도로 떨어지는데 1년이 소요되었다.

일부 새로운 건물 소위 '빌딩증후군(Sick Building Syndrom)'과 관련이 있는 VOCs중 Xylenes과 decane은 그 농도가 실외에서보다 100배 정도가 높은 것으로 나타났다. '빌딩증후군'은 원인이 밝혀지지 않은 것으로써 증상들을 모아 놓은 것으로 생각할 수 있다. 잠재적인 원인으로는 bacteria나 fungi와 같은 생물학적인 agent뿐만 아니라, 화학물질(매우 낮은 농도의 VOCs)를 포함하고 있다.

건물내에서 발견된 VOCs중의 일부는 암을 유도하는 화합물로 그 대표적인 예가 Radon이다. Radon은 지구상에 존재하는 방사능 물질 중 인간이 가장 호흡하기 쉬운 물질이다.

모니터로 발견된 VOCs의 수는 수 백가지로 농도는 거의 낮은 수준이다.

카페트를 새로 깔았을 때 나오는 것으로는 4-phenylcyclohexene로 약취가 나는데 이 화합물은 Styrene과 butadiene 반응 부산물로 약 1ppb에서 검지되었다.

급성전신중독을 일으키는 데 있어서 가장 독성이 강한 것은 톨루엔이며, 다음으로 o-, m-, 및 p- Xylene 그리고 Ethyl Benzen 순으로 독성이 강하다.

벤젠, 톨루엔, 크실렌, 시클로헥산등은 방향족 탄화수소로 순수한 톨루엔의 공기중 농도가 600PPM인 곳에서 8시간 폭로되면 피로감, 정신착란, 두통, 구역, 현기증 등의 증상이 나타난다.

저농도에 장기간 폭로되어 만성중독을 일으키는 경우에는 벤젠이 가장 위험하다. 이것은 주로 조혈장기를 침범하여, 빈혈, 혈액응고장애, 그리고 백혈구를 파괴하여 감염에 대한 저항력이 떨어진다. 벤젠을 제외한 그 동족체들은 혈액에 대한 이와같은 작용이 아주 약하다.

톨루엔은 페인트, 라카, 코-팅, 염료, 페인트 제거제, 살충제, 약품등의 제조공장에서 용제로 쓰이며 화학물질의 합성, 인조고무, 직물, 그라비아 사진 잉크, 셀룰로오스-에스테르 라카등의 원료로 쓰이며 또한 페인트 도색이나 제거작업, 아교나 접착제 사용등 비직업성으로 톨루엔에 폭로되기도 한다.

한편 10대 청소년들이 환각제로 톨루엔을 사용하여 사회적 문제가 되기도 하였으며 그 밖에 자동차나 코-크 오프의 배기가스, 가솔린의 증발 및 흡연등의 결과로도 도시 대기중에도 0.01-0.05PPM의 톨루엔이 존재하고 있어 도시인은 극미량의 톨루엔에 폭로되고 있다.

톨루엔의 체내 흡수 경로는 주로 호흡기를 통해 체내로 흡수되며 소화기를 통해서도 이루어 질 수 있

간을 실내에서 생활하기 때문이고 또 에너지를 보호하는 새로운 방법들이 실내공기의 질을 저하시킬 수 있는 원인이 되기 때문이므로 실내공기와 실외공기의 양쪽 모두의 환경을 특정화할 필요가 있다.

모니터링에 대한 활동들은 미국에서 지난 20년에 걸쳐서 증대되어 왔는데 이것은 부분적으로 암에 대한 두려움과 국민들의 의식때문이다.

다음의 그림 1은 실내와 실외공기의 VOCs 중간농도 분포를 나타낸 것이다. 화학물질들중의 거의 50%가 0.01-1.0ppbv의 농도범위에 크기별로 소수의 화학물질이 감지할 수 있는 수준이하(<0.001ppbv)에 중간농도에 위치하였

다. 실외공기의 경우 단지 10%와 실내공기의 25%만이 중간농도 1ppbv 이상이였다.

VOCs는 지방 콜레스테롤등 각종 유기물질을 녹이는 성질이 있기 때문에 체조직과 결합하여 여러가지 영향을 미치게 된다. 또한 체내에서의 대사과정에서 다른 화합물로 변화되어 독성을 발휘하기도 하고, 용제의 종류에 따라 침범되는 장기도 달라진다.

대부분의 용제는 마취작용을 가지고 있는데, 이것은 신경계의 지방조직에 대한 친화성때문이라고 생각된다.

일반적으로 한꺼번에 대량을 흡입하면 마취작용을 나타내지만 마취되지 않을 정도의 적은 양을 오랜시간동안 반복하여 흡입되면 만성중독을 일으킨다.

VOCs에 대한 감수성은 다른 유독물질에서와 마찬가지로 개인차가 있다. 이러한 것은 VOCs의 일종인 에틸알콜 즉 술에 쉽게 취하는 사람과 취하지 않는 사람이 있는 것을 보면 쉽게 알 수 있다.

## '80년초 EPA의 조사에선 낮은 농도로 존재하는 22개 혼합화합물 모두를 호흡한 사람들이 기억상실로 고통을 받고 있는 것으로 나타났다.

다. 대사과정은 주로 간장에서 흡수된 톨루엔의 80%가 산화에 의해 Methyl기가 Hydroxylation이 되어 Benzyl Alcohol이 되고 다시 환원되어 Benzyl Aldehyde가 되며 Benzoic Acid로 산화되어 Glycine과 결합하여 Hippuric acid로 형성되어 뇨로 배설된다.

톨루엔 폭로시 나타나는 자타각 증상으로 눈, 코, 인후, 피부등에 발생하는 자극증상과 중추신경계 억제 작용으로 피로, 졸리움, 두통, 어지러움, 우울증등의 신경증상이 나타난다고 알려져 있다.

일반적으로 VOCs의 방출원인은 이들을 사용하였을 때 발생하는 필수적인 결과가 된다. 이들 화학물질들은 성충권의 오존층 감소와 관련이 있으며 지구 기상변화를 바꾸려 하는 위협을 하고 있다.

Cancer와 합성화학물질의 폭로와의 관련성은 활발한 논쟁의 대상이 되고 있다. 화학물질들의 복잡한 배열에 폭로되는 것을 결정하는 것은 환경상의 요인들과 질병과의 관계를 정량화하는데 있어서 해결 요인이다. 이것은 사람들이 많은 시

각 용제에는 각각의 특징적인 독성이 있고, 과거의 경험에 의하여 그 독성이 알려져 있는 것과 동물 실험의 결과를 참작하여 알 수 있는 것이다. 그러나 동물실험결과는 그대로 사람에게 적용하는 데는 어려움으로 그 독성을 판단하는 데는 상당히 신중히 하여야 한다.

VOCs가 각 장기기관에 미치는 독성을 종합해 보면 다음과 같다.

#### ① 신경장애

VOCs의 중추신경계에 대한 작용으로 잘 알려진 것은 마취작용이다. 최초에는 술에 취한 듯한 기분이 되고, 동작이 둔해지고 졸음이 오고, 의식을 잃게 된다. 이와같은 증상은 농도가 높을 때 일어나는 급성작용으로, 그대로 흡입을 계속하면 사망하는 일도 있다.

이황화탄소에 의하여 뇌신경세포가 파괴되고 환각이 일어나거나 우울증, 치보등 정신장애를 일으키는 일도 있고, 이황화탄소, 염화에탄으로는 다발성 신경염이 생긴다. 메틸알콜에 의하여 실명을 초래하게 됨은 잘 알려진 사실이다.

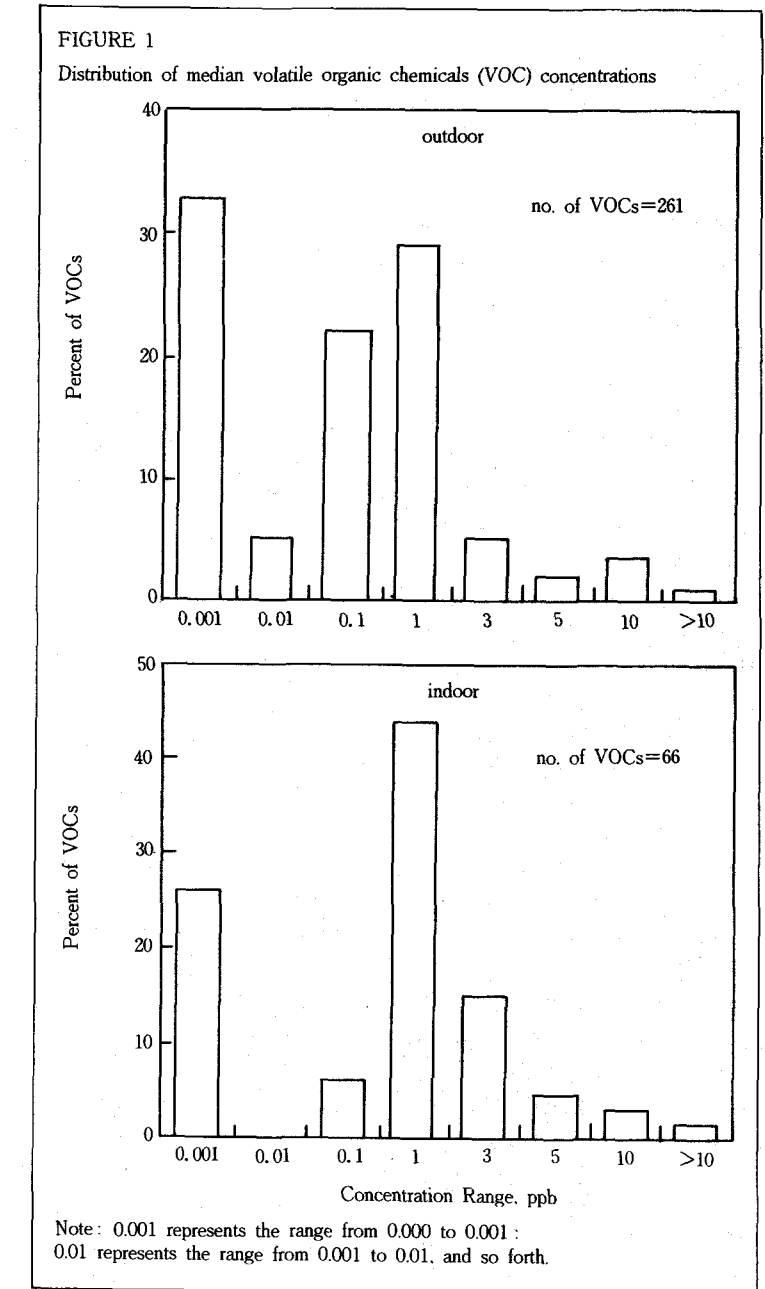
#### ② 소화기장애

점막에 대하여 자극성이 있는 용제는 타액에 녹고, 또는 위장점막에서 배설되어 소화기장애를 일으킨다. 중추신경에 대한 작용은 2차적으로 위장장애에 영향을 미친다. 위통, 구역등 증상을 나타내고 소화불량, 식욕부진등을 호소한다.

벤젠이나 4염화탄소등 조혈장기나 간에 대한 작용이 있는 독물에 의하여 소화기 증상이 일찍이 나타나는 일도 있다.

#### ③ 호흡기장애

여러가지 VOCs는 정도의 차이는 있으나 코의 점막에 염증을 일으킨다. 초산 또는 개미산은 자극성이 강하고 크실렌등도 코점막을 강하게 자극한다. 호흡기의 자극작용이 매우 강한 때에는 폐수종을 일으키



(그림 1) Source: Environ. Sei. Technol., Vol. 17, No. 10, 1983

지만 흔히 쓰이는 VOCs에 의하여 폐수종을 일으키는 일은 드물다. 그러나 4염화탄소 또는 염화에틸렌에 불길이 닿으면 이들 물질이 분해하여 호스겐이 발생하여 폐수종을 일으키게 되므로 주의해야 한다.

#### ④ 간장애

간장은 해독에 필요한 중요한 장기이지만, 한편 여러가지 독물에 의하여 침범되기 쉽다. 탄화수소의 염화물은 간장에 대한 작용이 강한 용제이지만, 그 중에서도 4염화에

탄, 4염화탄소, 클로로포름등은 간에 대한 작용이 강하고, 염화에틸렌, 4염화에틸렌 등은 약하다. 이와같은 독물에 의한 간장해가 심할 때는 황달이 생기지만 황달이 없는 경우도 있으므로 중독의 의심이 있을 때에는 아미노기 전이효소(SGOT)등 간기능 검사를 할 필요가 있다.

⑤ 신장해

간장해가 일어날 때는 신도 함께 침해하는 수도 많다. 글리콜의 유도체에 의하여 신이 단독으로 장해되는 수가 있다. 대개 신염의 형태를 취하고, 폭로를 중지하면 치유되지만 심하게 침해된 경우에는 노독증으로 사망한다.

⑥ 조혈장애

벤젠은 조혈장기인 골수에 직접 작용하여 조혈기능장애를 일으킨다. 처음에는 빈혈증, 혈소판감소, 백혈구 특히 중성다핵 백혈구의 감소를 초래하며, 마침내 백혈병으로 이행한다. 또 니트로화합물은 혈액소대사에 영향을 주어 메트헤모글로빈을 형성하여 빈혈을 일으킨다.

⑦ 피부 및 점막에 대한 작용

VOCs가 오랜동안 반복하여 피부에 접촉되면 피부염을 일으킨다.

대개는 피부의 지방과 콜레스테롤을 녹이는 성질 때문이라고 생각된다. 그러나 VOCs에 따라서는 알레르기성 피부염을 일으키는 것도 있다.

또 호흡기장애에서도 말한 바와 같이 점막에 대한 자극작용이 있고, 눈의 자극증상을 호소하기도 한다.

2. 예방대책

할로젠화 탄화수소계 VOCs에 대하여는 건강장해만을 생각하면 되지만, 그밖의 대부분의 VOCs에 대하여는 건강장해와 함께 화재 및 폭발사고의 위험성에도 대비하여야 한다.

벤젠과 이황화탄소등 독성이 매우 강한 유기용제는 독성이 비교적 약한 것으로 바꾸어 사용하는 것이 가장 현명한 방법이다.

실내공기질을 향상시키기 위하여 오염물질과 오염물질을 기준으로 하여 표준농도를 설정하는 것은 효과적인 방법이 아니라고 미국의 환경보호청(EPA)에서는 주장하고 있다.

대중에게 안내 지침서를 배포하

여 정보를 제공하는 것이 효과없는 규제를 발행하려고 노력하는 것보다 더 의미있는 접근방법이라고 이들은 말하고 있다. 미국의 당국은 환기대책을 자세히 살펴보고 있으며 실내공기질에 대한 문제를 해결하는 방법으로써 전체 VOCs의 수준을 지표로 삼는 것을 고찰하고 있다. 그러나 EPA는 정부당국도 환기법과 VOC기준 설정도 원하는 것은 아니다.

1980년초 조사에서는 낮은 농도로 존재하는 22개 혼합화합물의 모두를 호흡하는 사람들은 기억상실을 일으키거나 기억상실로 고통을 받고 있다고 결론지었다.

일명 '빌딩증후군'에서 발견된 VOC농도와 22개 화합물의 전체농도는 500ng/l였다. 현재 EPA는 이러한 조사에 대해 되풀이하고 있는 중이다.

실내공기질을 평가하는 주된 목적은 우리들이 얼마만큼의 오염물질에 직접, 간접적으로 폭로되고 있으며, 이로인해 어떠한 영향을 미치는지를 알아보고자 하는 것으로, 더 나아가서는 보다 나은 환경을 이룩하여 쾌적한 생활을 하고자 함에 있다. ◀

표 1. Indoor concentrations of volatile organics in new buildings greater than outdoor levels (source : December 5, 1988 C&EN.)

Nanogram per liter	Aromatic hydrocarbone			Aliphatic hydrocarbone			Chlorinated hydrocarbone			Oxygenated hydrocarbone			Total			
	Indoor/Outdoor ratio		Indoor/Outdoor ratio	Indoor/Outdoor ratio		Indoor/Outdoor ratio	Indoor/Outdoor ratio		Indoor/Outdoor ratio	Indoor/Outdoor ratio		Indoor/Outdoor ratio	Indoor/Outdoor ratio			
	Indoor	Outdoor		Indoor	Outdoor		Indoor	Outdoor		Indoor	Outdoor		Indoor	Outdoor	Indoor	Outdoor
New hospital																
34 weeks old	18	5.4	3.3	7.0	nd	nc	8.1	3.7	2.2	1.3	nd	nc	34	9.1	3.7	
48 weeks old	11	5.1	2.2	4.7	nd	nc	6.0	5.3	1.1	nd	nd	nc	21	10	2.1	
1 1/2 years old	26	6.2	4.2	5.1	nd	nc	26	3.2	8.1	nd	nd	nc	57	9.4	6.1	
New office building																
1 week old	270	16	17	810	nd	nc	13	1	13	nd	nd	nc	1100	17	65	
14 weeks old	54	13	4.2	98	nd	nc	56	3	19	8.5	nd	nc	220	18	14	
New nursing home																
4 weeks old	93	8.5	11	173	nd	nc	9.9	2.8	3.5	9.6	nd	nc	286	11	26	
23 weeks old	22	17	1.3	7.3	nd	nc	3.9	2.5	1.6	1.2	nd	nc	34	20	1.7	

Note : Building agea are approximate. nd=not detectable(below quantifiable limit).

nc=not calcaled. Source: Environmental Protection Agency