バイオマス燃焼排煙で汚染される工場内作業環境と作業者への健康影響

（金沢大院・自然科学研究科）○（学）神納　毅・T. Choosong・（正）古内　正美
（Prince of Songkla University）P.Tekasakul・S.Tekasakul・C.Jiraporn
（金沢大学・工）　橋本　隆史

1.はじめに

東南アジアは世界で最も天然ゴム生産の活発な地域であり、その中でもタイは天然ゴム生産量世界一である。一方、我国は天然ゴムの約 70%をタイから輸入する世界第 3 位の天然ゴム消費国である。天然ゴム製品は産地や品質に応じて分類されており、タイでは RSS（Ribbed Smoked Sheet）と呼ばれるシート状の製品を主に製造している。RSS は比較的小規模の“Cooperative”と呼ばれる工場で製造されているが、シート製造プロセスの最終段階で行われる天然ゴム古木燃焼で発生する熱と煙による乾燥過程では、煙の約 50%が工場建屋内にそのまま流入し、乾燥プロセスも含めた一連の作業を行う環境の空気汚染が非常に深刻な状況にある。このような条件下で、作業者は工場内に住み込みで年間を通じて作業しており、作業員やその家族への健康影響が非常に懸念されている。

本研究では、Cooperative 内の空気汚染に着目し、工場内の粒子状およびガス状汚染物質の濃度を測定して作業環境の現状を把握すると伴に、作業環境の現状に対する作業者の意識と作業者の呼吸器系疾患の症状について把握するためのアンケート調査を実施して、作業環境の現状と影響を総合的に調査することを試みた。

2. サンプリング及び分析・調査方法

タイ南部 Songkhla 県、ハジャイ近郊にある Cooperative を調査対象とした。図 1 は作業所の平面図で、図中には汚染物質測定点（Site1-3）も示した。矢印で示される部分は建屋の開放部分であり、6 個ある乾燥室の反対側が開放された構造になっている。天井付近には開口部はない。Site1 は樹液搬入口付近にあり、作業空間床から約 2mの高さにある。Site2 は作業空間中央付近、Site3 は居住空間近くに位置する。これらの測定点で、総浮遊粒子（TSP ）と粒子径別サンプルをそれぞれハイボリュームエアサンプラとカスケードインパクタで採取した。また、ガス状汚染物質として、NO_2、SO_2 および VOC をパッシブサンプラーで採取した。さらに、作業者の吸引粒子濃度を調べるため、複数の作業者にパーソナルサンプラーを装着した。

捕集された粒子中の多環芳香族炭化水素 (以下 PAH s)を、ベンゼン/エタノール（1：3）混合液中で超音波抽出、減圧乾固を行い HPLC（蛍光検出器：アセトニトリル・超純粋混合キャリア、IntertsilODS-P）で分析した。分析成分は Nap, Ace, Fle, Phe, Ant, Flu, Pyr, BaA, Chr, BbF, BkF, Bap, DBA, BghiPe, IDP の 15 種類である。NO_2 は分光光度計、SO_2 は IC、VOC は GC で分析した。さらに Songkhla 県内に約 100 箇所ある Cooperative から 22 箇所を無作為に抽出し、各 Cooperative 当り 5 名の作業者に対して、作業環境の現状や改善に対する意識、呼吸器系疾患の状況ついてインタビュー型式でアンケート調査を実施した。

3. 結果と考察

図.2 に作業環境に浮遊する粒子の年間を通じた平均的な粒子径分布を示す。0.5μm付近と 4μm付近に山を持つ二山分布を形成しているが、0.5μm付近のピークは煙、4μm付近のピークは周辺での作業に伴う粒子飛散が影響していると考えられる。表 1 に各測定場所での大気汚染物質の濃度を示す。全体的には通常の作業環境基準よりも低いが、作業者の吸引濃度が最も高くなる理由は、煙が充満した乾燥室の中に出入りするためと考えられる。Site3 周辺には開放部分が多いため粒子濃度が低く、乾燥室上部から作業所内に流入し、上部ほど濃度が高くなることが Site 1 付近で高濃度となる理由と考えられる。ガス状の汚染物質濃度はいずれも低い値であるが、PAHs 濃度は非常に高い値を示している。

図. 3 に粒子径別の 4 - 6 環 PAHs の濃度と粒子中質量比率を示す。2－3μm未満の微粒子中の PAHs 濃度は

非常に高くなっている。これらの微小粒子は肺深部に到達しやすいことから、PAHs による健康影響が懸念される状況にあると考えられる。

アンケート調査は 68 人の男性と 42 人の女性から回答を得た。作業経験は 1-3 年で半数以上の作業者は複数仕事を受け持ち 1 日 8 時間以上働く。作業者の疾患について調査してみると年齢や性別、作業年数に関係なく呼吸器疾患を及ぼしていることがわかった。呼吸器疾患の症状において、咳、たん、胸部不快感、喘鳴音と風邪の割合はそれぞれ 64.7%、49%、51%、13.7%、66.7%という結果であった。喘鳴音以外は約半数以上の作業員に呼吸器疾患症状があり、上記の呼吸器症状は作業所に充満している汚染物質に関連がありそうである。

作業所内に充満する煙に対して作業者は装置のメンテナンスの手間が生じ、装置の運転コストを払わなければならなくてもメンテナンスが簡単で高性能の汚染物質除去装置を必要としていることがアンケートより明らかになった。

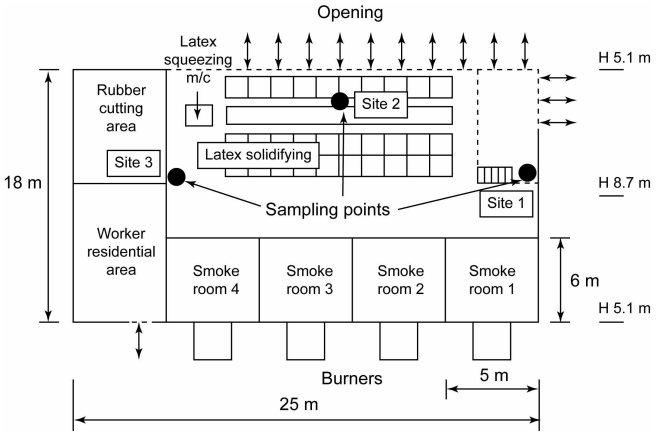

図.1 作業所内のサンプリング地点

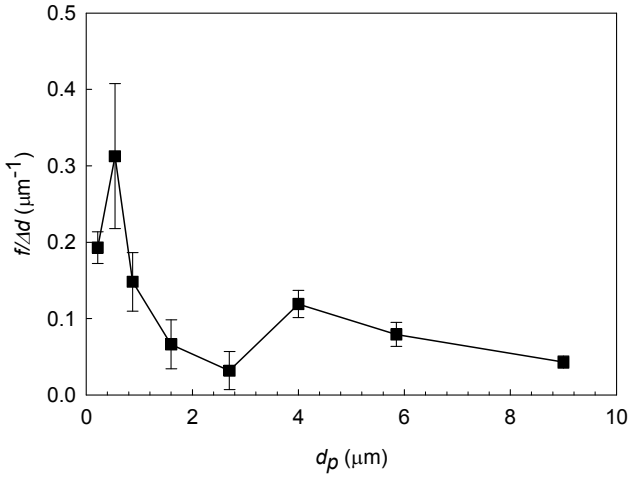

図.2 作業所内の粒子径分布

表.1 各地点での粒子・ガス・ＰＡHs 濃度

	Working area			Worker's breathing zone
	Site 1	Site 2	Site 3	
Particle concentration (mg/m^3)	0.156 ±0.43 (n=7)	0.083 ±0.06 (n=6)	0.052 ±0.04 (n=6)	0.175 ±0.12 (n=6)
NO_2 (ppb)	9.9 ±4.7 (n=16)	11.5 ±5.1 (n=7)	6.5± 3.4 (n=3)	-
SO_2 (ppb)	0.34 ±0.30 (n=6)	0.29±0.18 (n=6)	0.28±0.44 (n=3)	-
VOC (ppm)	(n=1)			
Trichloromethane	0.049	-	-	-
Toluene	0.034	-	-	-
Butyl acetate	0.032	-	-	-
p-Xylene	0.034	-	-	-
m-Xylene	0.039	-	-	-
o-Xylene	0.042	-	-	-
Styrene	0.028	-	-	-
Cyclohexane	0.014	-	-	-
PAHs (ng/m^3)	(n=2)	(n=2)	(n=2)	
Flu	0.22±0.2	0.06±0.0	0.06±0.0	-
Pyr	3.84±4.3	0.73±0.2	0.79±0.1	-
BaA	0.14±0.2	0.26±0.1	0.22±0.1	-
Chr	1.04±1.4	0.38±0.2	0.27±0.1	-
BaP	10.4±4.9	1.45±0.3	1.48±0.4	-
BbF	4.19±1.7	0.55±0.1	0.57±0.1	-
BkF	16.2±4.9	2.53±0.2	2.96±0.5	-
DbA	0.27±0.0	0.16±0.2	0.63±0.7	-
IDP	12.8±11	3.22±0.4	3.28±0.6	-
BghiPe	3.90±1.7	2.96±0.2	3.04±0.3	-
Total (4-6 rings)	52.9±27.7	12.3±1.0	13.3±2.9	-

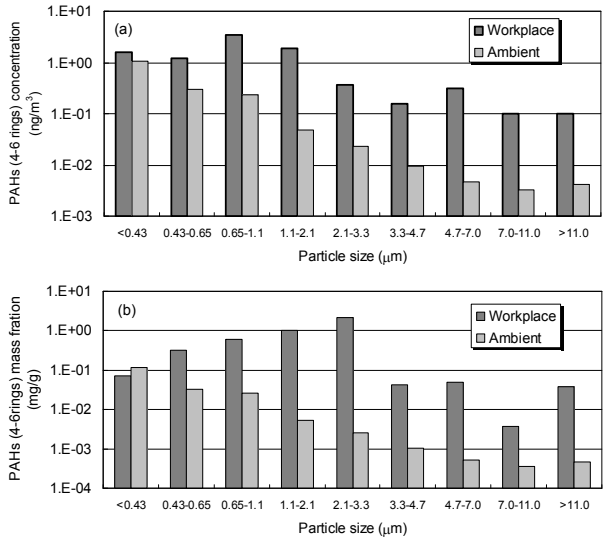

図.3ＰＡHs の濃度と質量濃度（4-6 環）

4.まとめ

1. 作業所内の空気汚染物質（粒子濃度・NO2・SO2）の平均濃度は EPA 標準より低い値であった。
2. 粒子の PAHs 濃度は、粒子径が 2μm未満の微粒子に多く含まれている。
3. 労働者の主な不満は作業所内の煙と匂いであった。
4. 作業員はメンテナンスが簡単で高性能の汚染物質除去装置を求めている。