

(図 12)

## 病型による分類(男性)

	SHS	SHS→MS	MS	他物質	計
負荷陰性	1	3	8	2	14
負荷陽性	12	8	2	0	22
計	13	11	10	2	36

## 病型による分類(女性)

負荷陰性	0	11	7	18
負荷陽性	5	8	5	18
計	5	19	12	36

## 病型による分類(全体)

	SHS	SHS→MS	MS	他物質	計
負荷陰性	1	14	15	2	32
負荷陽性	17	16	7	0	40
計	18	30	22	2	72

(図 13)

## Miller&amp;Prihoda Criteria

	化学物質	症状	マスキング	
A	$\geq 40$	$\geq 40$	$\geq 4$	Very Suggestive
B	$\geq 40$	$\geq 40$	$< 4$	Very Suggestive
C	$< 40$	$\geq 40$	$\geq 4$	Somewhat Suggestive
D	$< 40$	$\geq 40$	$< 4$	Not Suggestive
E	$\geq 40$	$< 40$	$\geq 4$	Problematic
F	$\geq 40$	$< 40$	$< 4$	Problematic
G	$< 40$	$< 40$	$\geq 4$	Not Suggestive
H	$< 40$	$< 40$	$< 4$	Not Suggestive

(図 14)

	負荷陽性 (人数)	負荷陰性 (人数)
A	9	4
B	4	6
C	3	3
D	1	3
E	4	1
F	1	1
G	4	3
H	4	4
計	30	25

(図 15a)

負荷陽性

	SHS			SHS→ CS			SM		
	男	女	計	男	女	計	男	女	計
A	1	1	2	3	2	5	0	2	2
B	1	1	2	0	1	1	1	0	1
C	2	1	3	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	1	1
E	2	1	3	0	1	1	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	1	0	1
G	2	0	2	2	0	2	0	0	0
H	2	1	3	1	0	1	0	0	0
計	10	5	15	6	4	10	2	3	5

(図 15b)

負荷陰性

	SH S			SHS→ CS			SM			他物質
	男	女	計	男	女	計	男	女	計	
A	0	0	0	1	1	2	2	0	2	
B	0	0	0	0	2	2	0	4	4	
C	0	0	0	0	1	1	2	0	2	
D	0	0	0	0	2	2	0	1	1	
E	0	0	0	0	1	1	0	0	0	
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
G	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1
H	0	0	0	1	3	4	0	0	0	
計	1	0	1	2	10	12	5	5	10	2

(図 16)

	化学物質	症状	日常生活
1	$\geq 40$	$\geq 20$	$\geq 10$
2	$< 40$	$\geq 20$	$\geq 10$
3	$< 40$	$\geq 20$	$< 10$
4	$\geq 40$	$\geq 20$	$< 10$
5	$\geq 40$	$< 20$	$< 10$
6	$\geq 40$	$< 20$	$\geq 10$
7	$< 40$	$< 20$	$\geq 10$
8	$< 40$	$< 20$	$< 10$

(図 17a)

		人数
負荷陽性	1	15
	2	8
	3	2
	4	1
	5	0
	6	1
	7	1
	8	2

(図 17b)

		人数
負荷陰性	1	14
	2	3
	3	1
	4	0
	5	0
	6	2
	7	3
	8	2

(図 18a)

	SHS			SHS →CS			SM		
	男	女	計	男	女	計	男	女	計
1	3	3	6	3	3	6	1	2	3
2	3	1	4	2	1	3	1	0	1
3	1	1	2	0	0	0	0	0	0
4	1	0	1	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	1	1
7	1	0	1	0	0	0	0	0	0
8	1	0	1	1	0	1	0	0	0
計	10	5	15	6	4	10	2	3	5

(図 18b)

	SHS			SHS →CS			SM			他物質
	男	女	計	男	女	計	男	女	計	
1	0	0	0	1	5	6	4	4	8	
2	0	0	0	0	2	2	0	0	0	1
3	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	1	1	0	1	1	
7	0	0	0	0	2	2	0	0	0	1
8	1	0	1	1	0	1	0	0	0	

(図 19)

負荷  
陰性

		化： 車	化： 煙草	化： 殺虫	化： ガン	化： ペン	化： 消毒	化： 香水	化： コル	マニ キュ	絨毯	化： 合計
皮膚症状	相関係数	-0.2	0.28	0.11	0.08	0.2	0.32	0.34	-0.1	0.09	-0	0.08
	有意確率	0.5	0.2	0.62	0.71	0.37	0.12	0.11	0.72	0.67	0.94	0.7
粘膜症状	相関係数	0.09	0.4	0.26	0.22	0.26	0.36	0.43	0.35	0.34	0.1	0.24
	有意確率	0.68	0.06	0.23	0.32	0.22	0.09	0.04	0.11	0.12	0.64	0.26

負荷  
陽性

		化： 車	化： 煙草	化： 殺虫	化： ガン	化： ペン	化： 消毒	化： 香水	化： コル	マニ キュ	絨毯	化： 合計
皮膚症状	相関係数	0.28	0.26	0.52	0.36	0.27	0.44	0.41	0.41	0.5	0.45	0.45
	有意確率	0.14	0.17	0	0.05	0.15	0.02	0.02	0.03	0	0.01	0.01
粘膜症状	相関係数	0.59	0.6	0.58	0.64	0.47	0.63	0.55	0.6	0.53	0.48	0.67
	有意確率	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0.01	0

シックハウス症候群の病型分類と化学物質過敏症の位置付けについての検証

研究分担者	熊野 宏昭	早稲田大学人間科学学術院
研究協力者	北條 祥子	尚絅学院総合人間科学
	吉野 博	東北大学大学院工学研究科
	水城まさみ	国立病院機構盛岡病院呼吸器・アレルギー科

研究要旨

シックハウス症候群（SHS）の診断基準、病型分類について統一した見解ができつつあるが、化学物質過敏症（CS）、中毒症状との異同については未だ十分に解明されていない。化学物質過敏症外来で長期観察している患者の臨床データを解析し SHS の病型分類、CS への進展について考察した。狭義の SHS では全例で CS 症状が一時的あるいは長期にみられ、外来受診したすべての患者の少なくとも 10% は CS に移行し長期に亘って日常生活制限をきたすことが判明した。難治性の CS の患者の特徴として高濃度でしかも長期に化学物質曝露を受けているものが多く、精神・心理的要因と断定できる症例はなかった。以上より班会議で提示した病型分類は CS についての見解が明確にされておらず、今後病型分類や客観的診断の指標についてさらに踏み込んだ検証が必要である。

A. 研究目的

シックハウス症候群（SHS）の診断基準、病型分類について本研究班が中心になって統一した見解ができつつあるが、その客観的診断指標、化学物質過敏症（CS）、中毒症状との異同については未だ十分に解明されていない。今回国立病院機構盛岡病院化学物質過敏症外来に通院している患者について上記について検討し、SHS の病型分類について考察し、CS の位置付けについても検討を加えた。

B. 研究方法

対象は H14 年 12 月より H22 年 5 月までに化学物質過敏症外来を受診した 210 名のうち H22 年の時点で 6 ヶ月以上の長期観察ができている患者 45 名（男 12 名、女 33 名）について発症のきっかけ、合併症、治療、治療経過（予後、MCS への進展の有無）と病型分類との関連について検討した。さらに盛岡病院で実施している CS の客観的診断指標についても提示する。

倫理面への配慮について

本研究は介入を伴わない観察研究であり、医療行為には一切影響しない。また本研究は匿名化で実施され個人情報情報は厳重に保護されている。

C. 研究結果

対象患者は男 12 名（平均年齢 45.7 歳 ± 9.6 歳）、女 33 名（平均年齢 49.7 歳 ± 10.9 歳）で発症年齢は男 40.8 歳 ± 9.9 歳、女 42.3 歳 ± 12.9 歳で男女とも 30 歳台がピークだった。観察期間は 6 ヶ月から 8 年で平均 3.1 年 ± 2.2 年だった。発症のきっかけ（表 1）は建物内環境における化学物質関与が 25 名、その他の化学物質関与が 17 名で職場関連が 11 名だった。合併症（表 2）は喘息が 18 名（40%）と多かったが全例 SHS、CS 症状発現と同時期か発現後に発症しておりすべて気道過敏性検査により気道過敏性亢進あるいはピークフローメーター測定にて 20% 以上の変動があることが確認されている。本研究班の病型分類（表 3）で分類すると 2 型（狭義の SHS）（表 4）が 35 名（78%）、主 2 型 + 1 型（中毒症状）6 名（17%）、主 1

型+2型が1名、主3型+2型が1名であった。各病型の治療および症状経過については表5、6、7に示した。病型別に見たCSへの進展であるが全例一定期間あるいは継続してMCS症状を呈した。図1に型別のCSへの進展について示したが2型では10名(29%)が、主2型+1型では5名(83%)でCS症状が不変あるいは増悪していた。

次に盛岡病院で実施しているCS診断について述べる。CSの診断にあたっては初診時および経過中にQEESIを施行している。客観的指標としては末梢静脈血酸素分圧測定、化学物質負荷試験(トルエン負荷)時にNIRO-200(近赤外線酸素モニター)で経時的に観察しているが図2、3に示したように健常者は酸素ヘモグロビンの有意の変動は認められないが、CS患者では有意の変動が認められている。さらにトルエン負荷前後で唾液中クロモグラニンAを測定したがCS患者で有意の負荷後で上昇することがわかった(図4)。また咳感受性試験では以前当院の喘息患者と比較してみた報告があるがCS患者で有意に咳感受性亢進を呈していた(図5)。

#### D. 考察

長期観察できた患者45名のうち1名をのぞき全例が発症に何らかの化学物質曝露の関与があった。狭義のSHSで発症した患者は全例一定期間あるいは継続してCS症状を示した。CSへの進展が認められ、その後もCS症状が不変・増悪している難治例は15名(34%)であった。これは全受診患者の7%に相当し、他医療機関にその後のフォローを依頼した患者を含めると少なくとも10%に上ることがわかった。CS進展後の難治例の特徴として第一に当院受診までに化学物質の長期間曝露があったこと、第二に発症後に環境改善等の化学物質曝露の回避ができていないこと、第三に職場などで高濃度の化学物質曝露を受けて中毒症状をきたしたエピソードがあったことが原因として考えられた。以上より難治例は化学物質の関与が濃厚であることが判明した。

これらの結果よりCSをSHSと切り離して位置付けることは適切ではないと考える。はっきりしたエピソードが不明でCS症状を呈して

いる患者に対しては幼小児期からの環境、食事などの化学物質曝露状況が発症要因になっている可能性が示唆された。今回の対象者の中には明確な3型(精神・心理的要因で化学物質曝露は考えにくい)と断定できる症例は皆無であった。

最後にCS診断のための客観的指標についての候補とあるものについて考察する。QEESIは診断的価値は高いが、分類からはずれてくる症例があることを念頭におく必要がある。末梢静脈血酸素分圧は初診時のスクリーニングおよび症状経過の把握に有用である。また化学物質負荷試験の前後で末梢静脈血酸素分圧をみると症例によってはNIRO-200のデータ、負荷前後の唾液中クロモグラニンAと末梢静脈血酸素分圧の変動がきれいにパラレルに推移することが観察されているので、手間はかかる上に現状では保険適応になっておらず病院で負担すると経済的にも問題はあるが、おおがかりな設備がなくても実施可能で患者への侵襲が少ない検査法として有用と考える。しかし症状が重症であっても、末梢静脈血酸素分圧が正常者の範囲内(25Torr以下)である場合もあるので、末梢静脈血酸素分圧のみを指標とするのではなく、十分な問診や症状経過観察、環境調査、精神心理学的診断やその他の客観的指標をみて総合的に判断しなくてはならない。咳感受性検査についてはアトピー咳嗽で感受性亢進を示すため、アトピー咳嗽との鑑別は必要だが客観的指標としては有用である。化学物質負荷によるNIRO-200及び唾液中クロモグラニンAなどのストレス物質の測定は健常者と明らかな差異を認めるため客観的指標としては有力候補であるが、前述したように検査方法や検査可能な施設などの制限もあり今後更なる検討を要する。

#### E. 結論

班会議で提示した病型分類は患者の病態を整理し、検証するのに有用であった。しかしCSについての見解が明確になされていないためSHSより多くの患者がCSへ進展することについて診断するには不十分と言わざるを得ない。SHSとならんでCSも保険適応になったこともあり両者の客観的診断方法、病型分類についてさらに踏み込んだ検証が必要である。疾患の病

態を明らかにしていくことで、両疾患に対する治療（環境改善も含めた）のレベル向上を目指していくことが求められている。

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

1) 水城まさみ：唾液中クロモグラニン A 測定を用いた、カプサイシン及びトルエン負荷によるストレス反応パターンの検討～化学物質過敏症患者と健常者を対象に～、日本職業・環境アレルギー学会雑誌 16：37-47、2009

### 2. 学会発表

1) 水城まさみ、山田博之：シックハウス症候群の病型分類についての一考察～長期観察できた症例を中心に～、第60回日本アレルギー学会秋季学術大会、2010年10月

2) 水城まさみ、山田博之：化学物質過敏症における客観的指標の検討（第2報）、第57回日本アレルギー学会秋季学術大会、2007年10月

3) 水城まさみ、山田博之：化学物質過敏症の咳感受性に関する臨床的検討、第19回日本アレルギー学会春季臨床大会、2007年6月

4) Masami Mizuki, Hiroyuki Yamada. Cough receptor sensitivity in patients with multiple chemical sensitivity elicited using intermittent capsaicin inhalation, European Respiratory Society, 2007, Stockholm, Sweden

5) 水城まさみ：化学物質過敏症診断における客観的指標の検討、第55回日本アレルギー学会秋季学術大会、2005年10月

6) 水城まさみ：化学物質過敏症外来受診者の予後判定における問診票 QEESI の有用性、第54回日本アレルギー学会総会、2004年11月

7) 水城まさみ：化学物質過敏症外来受診者に対する問診票 QEESI を用いた化学物質不耐性と症状との関連性の検討、第16回日本アレルギー学会春季臨床大会、2004年3月

## H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

表1

発症のきっかけ	
■ 建物内環境における化学物質関与 (25名)	■ その他の化学物質関与 (17名)
自宅新築 7名	職場での受動喫煙 4名
転居(リフォーム後) 3名	職場での化学物質曝露 (有機溶媒、苛性ソーダ) 7名
自宅改築・増築 3名	防蟻剤・農業散布 3名
モデル住宅見学 2名	ゴミ焼却場の煙 1名
職場新築 2名	歯科治療 1名
職場改築 2名	食品添加物・農業 1名
隣家の改修工事 2名	■ その他 (3名)
畳下の有機リン系薬剤 3名	脳腫瘍手術(電磁波過敏症) 1名
ソファー購入 1名	水痘(妊娠・喘息合併) 1名
	子供の頃から受動喫煙 1名

職場関連が16名(36%)だった。

表2

合併症			
喘息*	18名(40%)	うつ病	2名(4%)
電磁波過敏症	4名(9%)	脳腫瘍	2名(4%)
甲状腺疾患	4名(9%)	リウマチ性多発筋痛症	1名(2%)
脂質異常症	4名(9%)	顎関節壊死	1名(2%)
アレルギー性鼻炎	4名(9%)	鉄欠乏性貧血	1名(2%)
花粉症	3名(7%)	高尿酸血症	1名(2%)
アレルギー性結膜炎	3名(7%)	睡眠時無呼吸症候群	1名(2%)
高血圧	2名(4%)		

\*喘息は全例SHS,CS症状発現同時期か発現後に発症

表3

厚生科研班会議の分類		
型	分類の基準	例
1型	化学物質による中毒症状	農薬などの中毒
2型	化学物質曝露の可能性が大きい(狭義のSHS) 【狭義のSHSの定義】 「建物内環境における、化学物質の関与が想定される皮膚・粘膜症状や、頭痛・倦怠感等の多様な非特異的的症状群で、明らかな中毒、アレルギーなど病因や病態が医学的に解明されているものを除く。」	新築、改装、改築、身の回りの化学物質
3型	化学物質曝露は考えにくい	精神・心理的要因
4型	アレルギー疾患や他の身体的疾患が出現	喘息・皮膚炎

厚生労働科学研究(健康安全危機管理対策総合研究事業)シックハウス症候群の診断基準の検証に関する研究より

表 4

### 狭義のSHSの診断基準

1. 発症のきっかけが、転居、建物\*の新築・増改築、新しい備品の使用などである
2. 特定の部屋、建物内で症状が出現する
3. 問題になった場所から離れると、症状が全くなくなるか軽くなる
4. 室内空気汚染が認められれば、強い根拠となる

(\* 建物とは、個人の住居の他に職場や学校等を含む)

厚生労働科学研究(健康安全危機管理対策総合研究事業)シックハウス症候群の診断基準の検証に関する研究より

表 7

### 病型分類と治療および症状経過

<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 主1型+2型 1名 (塗装工場の外国人労働者) 治療: タチオン、麦門冬湯内服 職場休職→帰国 経過: CSへ進展、休職にて軽快</li> <li>■ 主2型+4型 1名 (リウマチ性多発性筋痛症) 治療: 抗ア剤 経過: CSIへ進展。主に食品添加物や農薬に反応</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 主3型+2型 1名 (脳腫瘍手術後より) 治療: VitB6、VitB12 経過: 一時CS症状出たが、現在は電磁波過敏症状が主体</li> <li>■ 4型 1名 (水痘+喘息、妊娠中に発症) 治療: ICS 経過: 前主治医がCSと判断し、化学物質過敏症外来を紹介。本人希望で入院させたが、上記と判明。</li> </ul>
--	---

抗ア剤: 抗アレルギー剤、ICS: 吸入ステロイド剤

表 5

### 病型分類と治療および症状経過

#### 2型(狭義のSHS) 35名(78%)

<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 治療</li> <li>タチオン 25名(71%)</li> <li>VitB6 10名(29%)</li> <li>VitB12 5名(14%)</li> <li>麦門冬湯 3名(9%)</li> <li>抗ア剤 10名(29%)</li> <li>ICS 16名(46%)</li> <li>デパス 1名(3%)</li> <li>酸素吸入 14名(40%)</li> <li>タチオン点滴 5名(14%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 経過</li> <li>自宅を離れる 3名(9%)</li> <li>退職 4名(11%)</li> <li>休職 5名(14%) (うち4名は復職)</li> <li>自宅改修 1名(3%)</li> <li>父親が禁煙 1名(3%)</li> <li>■ CSへの進展35名(100%) 現在の状態</li> <li>日常生活に軽度支障のみ 14名</li> <li>CS症状は軽快 11名</li> <li>CS症状は不変・増悪 10名</li> </ul>
---	---

抗ア剤: 抗アレルギー剤、ICS: 吸入ステロイド剤

図 1

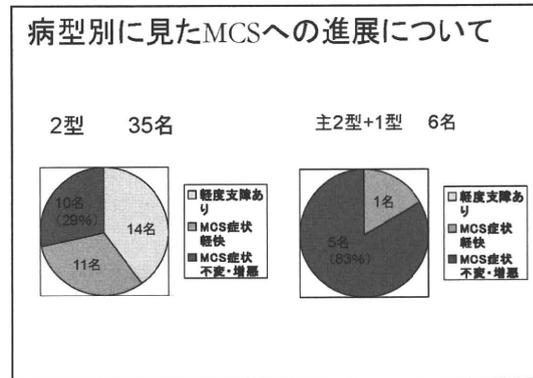


表 6

### 病型分類と治療および症状経過

#### 主2型(狭義のSHS)+1型(中毒症状) 6名(17%)

<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 治療</li> <li>タチオン 4名(67%)</li> <li>VitB6 1名(17%)</li> <li>VitB12 3名(50%)</li> <li>麦門冬湯 1名(17%)</li> <li>抗ア剤 0名(0%)</li> <li>ICS 0名(0%)</li> <li>デパス 0名(0%)</li> <li>酸素吸入 3名(50%)</li> <li>タチオン点滴 1名(17%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 経過</li> <li>自宅を離れる 4名(67%)</li> <li>退職 2名(33%)</li> <li>休職 1名(17%) (復職はしていない)</li> <li>■ CSへの進展 6名(100%) 現在の状態</li> <li>日常生活に軽度支障のみ 0名</li> <li>CS症状は軽快 1名</li> <li>CS症状は不変・増悪 5名</li> </ul>
---	---

抗ア剤: 抗アレルギー剤、ICS: 吸入ステロイド剤

図 2

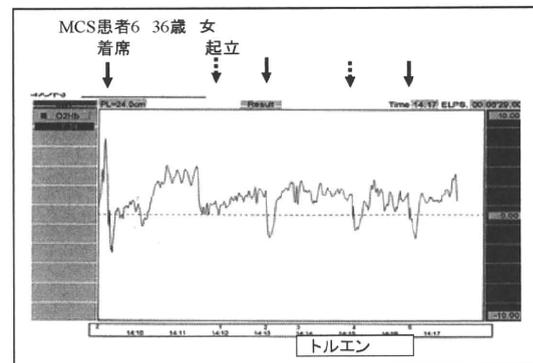


図 3

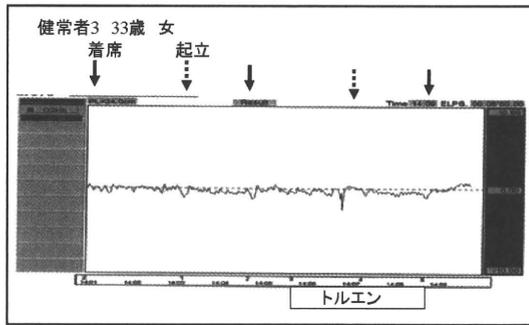
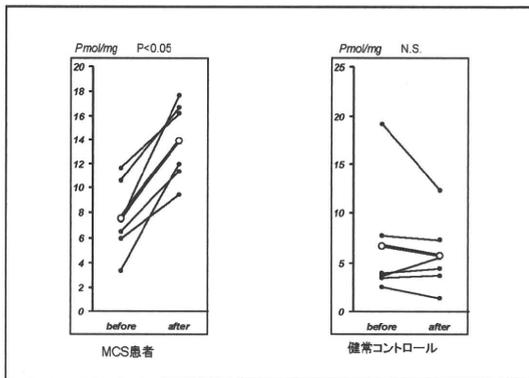
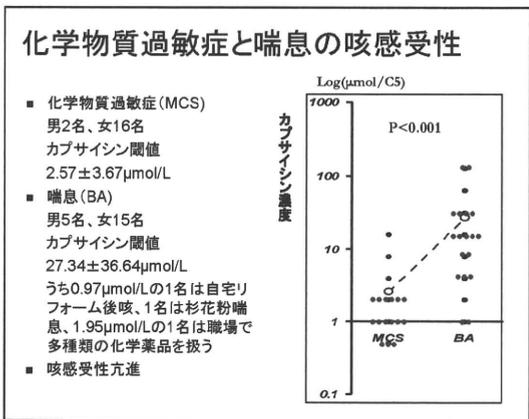


図 4



トルエン負荷前後での唾液中CgA

図 5



シックハウス症候群の被害係数に関する研究  
Study on Damage Factor for Indoor Air Pollution

職域における室内ホルムアルデヒド・トルエン曝露による健康被害の  
ライフサイクル影響評価手法の開発  
Study on Health Damage caused by Indoor Air Pollution;  
Development of Life Cycle Impact Assessment Methods for health damage  
by Occupational Indoor Formaldehyde and Toluene Exposure

研究分担者	坂部 貢	東海大学医学部生体構造機能学・北里大学薬学部公衆衛生学
研究協力者	村上 周三	(財)建築研究所
同	伊香賀俊治	慶応義塾大学理工学部システムデザイン工学科
同	伊坪 徳宏	東京都市大学環境情報学部環境情報学科
同	成田 菜採	慶応義塾大学大学院・(株)東京ガス
同	隅山 香織	東海大学医学部生体構造機能学
同	木村 穰	東海大学医学部分子生命科学
同	相澤 好治	北里大学医学部衛生学公衆衛生学

研究要旨

平成 21 年度：シックハウス症候群の被害係数に関する研究

シックハウス症候群の被害係数に関する研究は未だ不明な点が多い。本分担研究では医学、建築環境工学、LCA 工学の専門家による横断的な学際共同研究を行い、医学的知見を交えながら室内化学物質によるシックハウス症候群の被害係数の開発を可能とし、室内化学物質濃度とシックハウス症候群の用量反応関係を初めて算定した。結果は以下の通りである。

室内空気汚染の被害係数ダメージ関数 DF を算定した結果、ホルムアルデヒドによるシックハウス症候群の被害係数は戸建住宅で  $1.73 \times 10^{-3}$  [DALY/kg]、集合住宅で  $6.71 \times 10^{-3}$  [DALY/kg]、室内トルエンによるシックハウス症候群は戸建住宅で  $1.33 \times 10^{-3}$  [DALY/kg]、集合住宅で  $5.17 \times 10^{-3}$  [DALY/kg] と計算された。屋外へホルムアルデヒドが排出された場合の人間健康の被害係数（LIME の有害化学物質）は  $6.20 \times 10^{-6}$  [DALY/kg] であり、今回算定した室内ホルムアルデヒドの影響のほうが 1000 倍程度大きく、室内空気汚染の影響は相対的に深刻であることがわかった。

平成 22 年度：職域における室内ホルムアルデヒド・トルエン曝露による健康被害のライフサイクル影響評価手法の開発

- 1) 職域における室内で発生する揮発性有機化合物曝露における健康被害の評価手法を日本版被害算定型影響評価手法 LIME に倣って検討した。
- 2) 室内ホルムアルデヒドによる発ガンのダメージ関数は  $6.59 \times 10^{-5}$  (DALY/kg)、室内トルエンによる中毒症状のダメージ関数は  $1.20 \times 10^{-5}$  (DALY/kg) となった。
- 3) 本手法により室内空気汚染の職業性曝露の健康被害評価が可能となり、施工から居住期間にかけての総合的な評価ができるようになった。

## 平成 21 年度：シックハウス症候群の被害係数に関する研究

### A. 研究目的

我々はこれまでに、日本版被害算定型影響評価手法 LIME (Life-cycle Impact Assessment Method based on Endpoint modeling) に倣い、ヒト健康への影響 (被害) を評価する指標 DALY (Disability Adjusted Life Year: 障害調整生存年) を用いて、室内空気汚染がヒトの健康に及ぼす影響 (被害) を包括的かつ定量的に評価する手法を開発してきた (表 SI 1)。中でも室内空気汚染物質 (ホルムアルデヒドやトルエン) によるシックハウス症候群は感受性の個人差が大きく、評価が大変難しい。本分担研究では建築環境工学、医学、LCA 工学の専門家による横断的な共同研究を行い、医学的知見を交えながらシックハウス症候群の被害係数の開発を可能とすることを目的とした。

### B. 研究方法

#### 1. 室内空気汚染の被害係数の算定

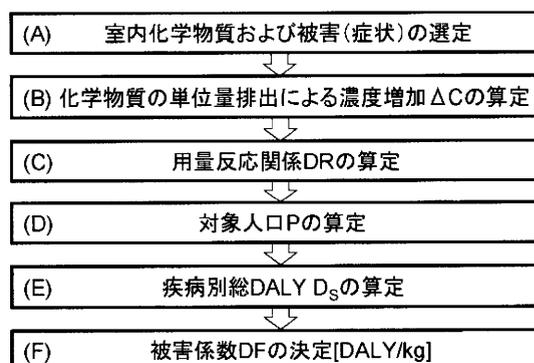
図 1 に室内空気汚染の被害係数 DF (Damage Factor、ダメージ関数とも呼ばれる) の算定手順を示す。また被害係数の算定式は(1)式のように定義される。

#### 1.1 室内化学物質および被害 (症状) の決定

本研究ではシックハウス症候群の主要な原因物質とされるホルムアルデヒドおよびトルエンを評価の対象とした。シックハウス症候群にはめまい、頭痛、吐き気等、多彩の症状が報告されているが、医学的判断に基づき粘膜系と精神神経系の 2 大症状群に大別して検討することとした。

#### 1.2 化学物質の単位量排出による濃度増加 $\Delta C$ の算定

瞬時一様拡散に基づく室内濃度式を用いて、濃度増加は戸建住宅で  $3.78 \times 10^2 [\mu\text{g}/\text{m}^3]$ 、集合住宅で  $1.47 \times 10^3 [\mu\text{g}/\text{m}^3]$  と計算された (表 SI 2)。



$$DF = \underbrace{\Delta C}_{(B)} \times \underbrace{DR}_{(C)} \times \underbrace{P}_{(D)} \times \underbrace{D_S}_{(E)} \quad (1)$$

図 1 室内空気汚染の被害係数の算定手順

#### 1.3 用量反応関係 DR の算定 (図 2, 表 1, 表 SI 6, 7)

##### 1.3.1 用量反応関係の新たな定義

ホルムアルデヒドおよびトルエン濃度に対するシックハウス症候群の用量反応関係を明確に定義した既往研究は見当たらない。通常用量反応関係は、用量 (濃度) に対する発症率で表される。しかし、シックハウス症候群は個人の感受性が高いことが特徴であり、濃度に対する発症率を定義するのは医学的に困難である。また濃度増加に伴い症状が悪化する特徴を持つため、本研究では新たな用量反応関係を定義した。始めに、シックハウス症候群の重度を示す QEESI (Quick Environmental Exposure Sensitivity Inventory) 問診票を用いて、室内濃度と症状の重度の関係を検討する。それに統計から求めたシックハウス症候群患者数を発症割合として掛け合わせる。

##### 1.3.2 患者データの分析 (図 2)

図 2 に実際のシックハウス症候群の患者データ (室内ホルムアルデヒド濃度とシックハウス症候群の粘膜症状の重度 (QEESI 点数)、97 名) を示す。相関分析を行った結果、室内濃度と症状の重度には中程度の相関が見られた (図 2)。更に他の物質・症状においても相関を確認できた (図 SI 1 ~ 3)。

##### 1.3.3 回帰式の作成・閾値の有無の検討 (図 2、表 1)

本研究では既往研究に倣い直線の回帰式を用いる。厚生労働省による室内濃度指針値はシックハウス症候群が原則として発症しないである

うという考えに基づいて定められているため、その値を閾値に用いる場合と閾値なしの場合を検討した。回帰式の適合性の判断には統計学でよく用いられている AIC（赤池情報量基準）を利用した。その結果、ホルムアルデヒド、トルエンとも閾値なしの回帰式のほうが、濃度に対する症状の重度をよりよく予測できることがわかった（表 1、表 SI 3～5）。これより、本研究では閾値なしの回帰式を選択する（図 2、①）。

### 1.3.4 シックハウス症候群の発症割合

1.3.3 で検討した患者データはシックハウス症候群を発症した人のみが対象である。そのため、日本におけるシックハウス症候群の患者数を調査した内山ら（京都大, 2000）の研究より、総人口に対する発症患者の割合 0.56%<sup>3)</sup> を乗じ補正した。

### 1.4 対象人口 P の算定

一般的な住宅内に日常的に滞在している人数を示す日本の平均世帯人数 2.58 人（平成 17 年度国勢調査）を用いた。

### 1.5 疾病別総 DALY D<sub>S</sub> の算定（表 SI 8）

シックハウス症候群の被害の程度を DALY を用いて定量化する。DALY は障害と早死による生命損失年数の和によって求められるが、シックハウス症候群の疾病と死亡の因果関係を医学的に証明することは難しいため、本研究では障害による損失年数のみを考慮した。

#### 1.5.1 シックハウス症候群の障害の重度と持続期間

障害による損失年数は“疾病の障害の重度”と“障害の持続期間”の積で求められる。シックハウス症候群の障害の重度を算定した既往研究はないため、すでに算出されている他の症状の障害の重度を参考にした。また障害の重度は生活の質（QOL：Quality Of Life）の低下からも算出できる（障害の重度 = 1-QOL）。このため熟練医により算出した QOL の低下量も参考にしながら新しいシックハウス症候群の障害の重度は粘膜症状 0.096、精神症状 0.220 と算定された。障害の持続期間は一般的な症状より 2 年間とした。

#### 1.5.2 発症数から QEESI 点数への単位換算

本研究ではシックハウス症候群の用量反応関係を発症率ではなく症状の重度 QEESI により定義した。このため(1)式において疾病別 DALY D<sub>S</sub> [DALY/case] を、疾病別 QEESI 平均点 [QEESI/case] で除すことにより、QEESI 1 点に対する DALY [DALY/QEESI] に置き換えた。

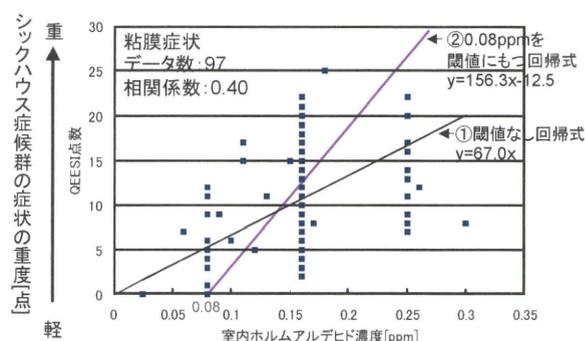


図 2 室内ホルムアルデヒド濃度とシックハウス症候群の粘膜症状の患者データおよび回帰式

表 1 室内ホルムアルデヒド濃度とシックハウス症候群の粘膜症状の回帰式と AIC

	①閾値なし	②閾値あり (0.08ppm)
回帰式	y=67.0x	y=156.3x-12.5
AIC (値が小さいほどよい)	325	419

### 1.6 被害係数 DF の算定

室内空気汚染の被害係数 DF を算定した結果、室内ホルムアルデヒドによるシックハウス症候群の被害係数は戸建住宅で  $1.73 \times 10^{-3}$  [DALY/kg]、集合住宅で  $6.71 \times 10^{-3}$  [DALY/kg]、室内トルエンによるシックハウス症候群は戸建住宅で  $1.33 \times 10^{-3}$  [DALY/kg]、集合住宅で  $5.17 \times 10^{-3}$  [DALY/kg] と計算された。

## C. まとめ

- 1) 室内化学物質濃度とシックハウス症候群の用量反応関係を、本研究で初めて算定した。
- 2) 医学、建築環境工学、LCA 工学の横断的な共同研究により、これまで困難であった室内化学物質によるシックハウス症候群の被害係数を開発した。

## D. 考察

屋外へホルムアルデヒドが排出された場合の人間健康の被害係数（LIMEの有害化学物質）は $6.20 \times 10^{-6}$  [DALY/kg]であり、今回算定した室内ホルムアルデヒドの影響のほうが1000倍程度大きいため、室内空気汚染の影響は相当に深刻であることがわかった。

## E. 結論

本分担研究では建築環境工学、医学、LCA工学の専門家による横断的な共同研究を行い、シックハウス症候群の被害係数の開発を可能とした。

### 平成22年度：職域における室内ホルムアルデヒド・トルエン曝露による健康被害のライフサイクル影響評価手法の開発

#### A. 研究目的

化学物質による室内空気汚染が注目され、シックハウス問題が表面化するとともに、人間健康への影響について検討がなされている<sup>文1)</sup>。これまで医学、建築環境工学の各々の分野で研究が成されてきたが、汚染物質の発生メカニズムから健康影響までを包括的に評価した研究はない。これまで(独)産業技術総合研究所が開発した日本版被害算定型影響評価手法LIME<sup>文2)</sup> (Life-cycle Impact Assessment Method based on Endpoint modeling、以下、LIME)を用いて、室内空気汚染による健康影響の包括的かつ定量的な評価手法の開発を行っている<sup>文3~7)</sup>。一方、一般住居で問題となるシックハウス症候群とは別に室内空気汚染物質の職域における曝露による健康被害も憂慮されており社会的な関心事となっている。有機溶剤等の化学物質による職業性中毒は、近年発生件数が減少してきたが、依然として有機溶剤が原因と思われる患者は毎年発生している。また、化学物質を取り扱う労働者の特殊健康診断の結果では、有所見者の数はむしろ増加の傾向にある<sup>文8)</sup>。このため、これらの有害化学物質曝露による健康影響の評価手法も開発する必要があると考えられる。

#### B. 研究方法

##### 1. 室内空気汚染による健康被害量の評価手法

##### 1.1 これまでの研究成果

本研究ではLCA国家プロジェクト（経済産業省ほか：1998-2003）において、(独)産業技術総合研究所が開発した日本版被害算定型影響評価手法LIMEを用いて、室内空気汚染による健康被害量の評価手法を開発している。LIMEは環境問題の影響を被害量に換算し単一評価する手法である。被害量への換算にはダメージ関数DFと呼ばれる係数を用いており、汚染物質（または環境負荷物質）の発生量から被害量を簡単に求めることが可能である。特に人間健康への被害量を換算するダメージ関数はDALYという損失余命を用いて表現するのが特徴であり、これまで本研究では、居住状態における室内で発生したホルムアルデヒド、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、SPM（浮遊粉塵）による人間健康被害のダメージ関数DF (DALY/kg)を算出している<sup>文3~7)</sup>。この結果から、室内空気汚染による健康影響が深刻であることがわかっている。

##### 1.2 室内空気汚染物質の職業性曝露による健康影響

労働環境における室内空気汚染物質の曝露は高濃度の曝露もしくは長期間に渡る曝露が多く、シックハウス問題に比べ中毒症状の強いものや発ガンなど健康状態の深刻なケースが見られる。近年では、石綿によるじん肺等の健康被害が有名であるが、現状では定量的な疫学データが乏しい点から、本研究では比較的研究の進んでいる室内化学物質を研究の対象とした。ホルムアルデヒドはシックハウス問題の主要な原因物質として有名であるが、高濃度における曝露または微量であっても長期間の曝露によっては発ガンのリスクが指摘されている<sup>文9)</sup>。またトルエンについては、建設業界や化学薬品メーカーを中心に塗料や印刷インキ等の化学物質として多量に使われており<sup>文10)</sup>、トルエンによる健康被害も多数報告されている。そのため、本研究では研究の第一段階としてこれらの化学物質を対象に検討を行った。労働環境における化学物質の曝露は、建設現場や工場などが対象として挙げられる。特に住宅の建設現場では多種多様な職人が必要であり、労働者数は数百万人にも上ると見られる。そこで本研究では住宅建設に伴う職業性曝露の健康被害を検討し、ダメージ関

数および健康被害量のオーダーを把握することを目的とする。その他の労働環境下を対象としたダメージ関数の算定は今後の課題とする。

### 1.3 人間健康被害のダメージ関数 DF の算出方法

上記平成 21 年度報告の図 1 に室内汚染物質による人間健康へのダメージ関数 DF の算定フローを示す。ダメージ関数 DF は(1)式により算定される。算定に際して、医学、LCA 工学、建築環境工学の専門家を交えた検討を行った。各項の値を算定フローの順に検討する。

## 2. 室内ホルムアルデヒド・トルエンの職業性曝露による人間健康被害のダメージ関数 DF の算定

### 2.1 被害対象(疾患・症状)の決定(図 1, A)

はじめに職域曝露による健康被害の対象を決定する。一般的な住宅内では、ホルムアルデヒドによるシックハウス症候群が有名であるが、ここでは比較的高い濃度の室内ホルムアルデヒドを吸引した場合、若しくは微量でも長期に渡って曝露した場合の発ガンを被害の対象とする。特にホルムアルデヒドは鼻咽頭のガンを生じることが指摘されているため<sup>文 9)</sup>、鼻咽頭のガンを被害の対象とする。トルエンは高濃度曝露による中毒症状(手足の筋力低下、難聴、集中力の低下)を被害の対象とする。

### 2.2 化学物質の単位排出量による濃度増加 ΔC (図 1, B)

年間単位量の汚染物質排出に対して室内濃度増加を計算し、排出量と室内濃度増加の関係を検討する。既往研究の結果<sup>文 11)</sup> から(2)式に示す室内濃度一様拡散式を基に、濃度増加 ΔC (=室内濃度 C - 外気濃度 C<sub>0</sub>) を算出した。

$$\text{室内濃度一様拡散式 } C = C_0 + \frac{M}{Q} \quad (2)$$

C: 室内濃度(mg/m<sup>3</sup>)、C<sub>0</sub>: 外気濃度(mg/m<sup>3</sup>)、  
M: 汚染物質排出量(mg/h)、Q: 換気量(m<sup>3</sup>/h)

本研究では住宅建設に伴う職業性曝露を検討するため住居モデルとして建築学会標準問題の木造戸建住宅<sup>文 12)</sup> を用いた<sup>注 1)</sup>。換気回数は一般的な住宅モデルを想定し 1.0 (回/h) とした<sup>注 2)</sup>。表 1 に室内濃度増加 ΔC の算定結果を示す。年間で汚染物質が単位量排出された場合

の濃度増加 ΔC は  $3.78 \times 10^{-1}$  (mg/m<sup>3</sup>) と計算された。

表 1 単位排出量による室内濃度増加の算定結果

室内濃度増加 ΔC
= 汚染物質の年間単位排出量(1kg) ÷ 年間換気量
= 1(kg/年) ÷ [1.0(回/h) × 302(m <sup>3</sup> ) × 24(h/日) × 365(日/年)]
= $3.78 \times 10^{-7}$ (kg/m <sup>3</sup> ) = $3.78 \times 10^{-1}$ (mg/m <sup>3</sup> )
室容積 (一住戸) : 302m <sup>3</sup> (建築学会標準モデル)
換気回数 : 1.0 回/h

表 2 室内ホルムアルデヒドと鼻咽頭のガンの用量反応関係 DR [case/(mg/m<sup>3</sup>)]

用量反応関係 DR
$1.30 \times 10^{-2}$ (case/(mg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup> ) ÷ 75 (年) × 換算係数 0.13
= $2.25 \times 10^{-5}$ (case/(mg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup> /年)
ユニットリスク : $1.30 \times 10^{-2}$ (case/(mg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup> /生涯年数)
生涯年数 : 75(年)、労働年数 : 45(年)
一般曝露から職業曝露への換算係数
= 8/24 (h) × 5/7 (日) × 48/52 (週) × 45/75 (年) = 0.13

### 2.3 用量反応関係 DR の算定 (図 1, C)

#### (1)ホルムアルデヒドによる発ガン性

化学物質による発ガンは様々なモデルが考えられてきたが、米国 EPA (US Environmental Protection Agency) によるユニットリスクが世界的にも有名であり多くの疫学研究に用いられている。ユニットリスクは発ガン性を有する化学物質に生涯曝露されたときの発ガン確率を、媒体中の単位濃度あたりの値として表現したものである。LIME では屋外で化学物質が発生した場合の発ガンリスクの評価で既に用いられており<sup>文 2)</sup>、ここではそれらに倣い室内でホルムアルデヒドが発生した場合の用量反応関係を算定する。一般的なリスクアセスメントにおける平均寿命(生涯年数) 75 年、労働年数 45 年から換算係数を算出して計算を行った(表 2、図 2)。

#### (2)トルエンによる中毒症状

トルエンによる中毒症状については文献を参考に用量反応関係の値を算定した。文献 10 では疫学データから曝露濃度と有症率の関係を検討している。ここでは比較的傾向が明確な中毒症状(手足の筋力の低下、耳が聞こえにくい、物事に集中できない)の用量反応関係を用いることとする。更に一般曝露の用量反応関係を職

業曝露に換算した。表3、図2にトルエンの用量反応関係を示す。

表3 室内トルエンと中毒症状（手足の筋力低下・難聴・集中力の低下）の用量反応関係 DR [case/(mg/m<sup>3</sup>)]

用量反応関数 DR <sup>文10)</sup> (図2) : $Response = \{1/[1 + \exp(-(-3.09722 - 0.00909961 \times Dose) - 0.043)]\} \times \text{換算係数}$ 0.13 $= 6.60 \times 10^{-5}$
Response が有症率の増加分 Dose は曝露濃度 (= $\Delta C = 3.78 \times 10^{-1} [\text{mg}/\text{m}^3]$ )

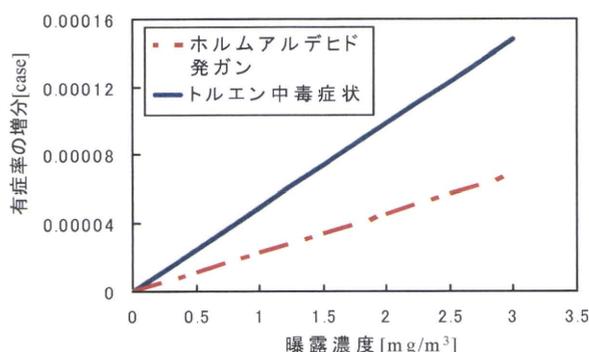


図2 室内ホルムアルデヒド・トルエンの用量反応関係

## 2.4 対象人口Pの算定 (図1, D)

1軒の住宅建設現場において室内空気汚染物質の職業性曝露影響を受けている人数、対象人口Pを算出する。住宅建築における雇用者数(2000年)は約188万人<sup>文13)</sup>であり、新設住宅の着工戸数がおよそ119万戸<sup>文14)</sup>(表4)であるため、住宅1軒あたりの労働者数は1.58人/戸となる(表5)。これより、1住宅の建設現場における職業性曝露の対象者は1.58人とした。

## 2.5 疾病別DALY D<sub>s</sub>の算定 (図1, E)

DALY D<sub>s</sub>は障害による相当損失年数(Years Lived with a Disability: YLD)と早死による生命損失年数(Years of Life Lost: YLL)の和によって求められる<sup>文2)</sup>。

### (1) 発ガン性

本研究ではLIMEで既に算定されているホルムアルデヒドによる発ガンのDALY DS(表6)を参考に算定を行った<sup>文2)</sup>。

### (2) 中毒症状(手足の筋力低下、難聴、集中力の低下)

トルエンの吸引による健康被害から死亡に至

ることは稀であり、医学的にも因果関係を定義することが難しいためYLLを省略し、YLDのみを検討する。YLDは疾病の障害の重度と障害の持続期間の積で求められる。ここでは中毒症状によるQOL(Quality Of Life: 生活の質)の低下から障害の重度の値を算定した。QOLは死亡の状態が0、通常健康(あるいは完全な健康)状態を1として、評価対象の健康状態に0~1の点数を付けている。障害の重度はその逆であり、1-QOLが障害の重度に相当する。文献10より手足の筋力の低下、難聴、集中力の低下に相当するQOL値は0.92であるため、障害の重度の値は0.08である。障害の持続期間は医学的判断に基づき一般的な疾病期間である2年間とした。表6に中毒症状のDALY DS値を示す。

## 2.6 ダメージ関数DFの算定 (図1, F)

図1(1)式に従い室内で発生したホルムアルデヒドによる発ガン、トルエンによる中毒症状のダメージ関数を算定した。結果を表7に示す。室内ホルムアルデヒドの発ガンのダメージ関数は $6.59 \times 10^{-5}$  (DALY/kg)、トルエンのダメージ関数は $1.20 \times 10^{-5}$  (DALY/kg)となった。またダメージ関数と合わせて室内濃度からも健康被害量を計算できるように単位濃度あたりの健康被害量(DALY/(mg/m<sup>3</sup>))の換算係数も合わせて表7に示す。

表4 建築従業者数・新設住宅着工戸数(2004)<sup>文13) 14)</sup>

	住宅	非住宅
従業者総数(人)	1,884,752	1,163,630
着工戸数(戸)	1,193,000	データなし

表5 対象人口Pの計算結果(住宅建設1軒あたりの労働者数)

$1,884,752 \text{ (人)} \div 1,193,000 \text{ (戸)} = 1.58 \text{ (人/戸)}$
---

表6 鼻咽頭のガンと中毒症状のDALY D<sub>s</sub>

	DALY	YLL	YLD
鼻咽頭のガン <sup>文2)</sup>	4.9	4.5	0.4
中毒症状 (手足の筋力低下・難聴・集中力低下)	0.16	—	0.16 (=障害の重度×持続期間 =(1-QOL)×2) QOL=0.92

表7 室内ホルムアルデヒドによる発ガンと室内トルエンによる中毒症状のダメージ関数、単位濃度あたり健康被害量

	ホルムアルデヒド	トルエン
(A)被害の対象(症状)	発ガン	中毒症状
(B)単位排出量に対する濃度増加ΔC (mg/m <sup>3</sup> )	3.78×10 <sup>-1</sup>	3.78×10 <sup>-1</sup>
(C)用量反応関係DR (case/人/年/(mg/m <sup>3</sup> ))	2.25×10 <sup>-5</sup>	6.60×10 <sup>-5</sup>
(D)対象人口P (人)	2.16	2.16
(E)疾病別DALY D <sub>s</sub> (DALY/case)	4.9	0.16
ダメージ関数 (DALY/kg) (F)=(B)×(C)×(D)×(E)	6.59×10 <sup>-5</sup>	1.20×10 <sup>-5</sup>
単位濃度あたりの健康被害量 (DALY/(mg/m <sup>3</sup> ))	3.05×10 <sup>-4</sup>	1.97×10 <sup>-5</sup>

表8 本研究でこれまでに算出したその他の室内空気汚染物質による居住期間のダメージ関数、単位濃度あたり健康被害量

室内空気汚染物質	被害の対象	ダメージ関数 (DALY/kg) <small>文3)~7)</small>	単位濃度あたりの健康被害量 (DALY/(mg/m <sup>3</sup> ))
ホルムアルデヒド	シックハウス症候群	5.96×10 <sup>-3</sup>	1.58×10 <sup>-2</sup>
NO <sub>x</sub>	呼吸器系疾患	1.96×10 <sup>-3</sup>	5.19×10 <sup>-3</sup>
SO <sub>x</sub>	呼吸器系疾患	4.14×10 <sup>-3</sup>	1.10×10 <sup>-2</sup>
PM2.5	呼吸器系疾患	3.68×10 <sup>-4</sup>	9.74×10 <sup>-4</sup>
PM10	呼吸器系疾患	1.40×10 <sup>-4</sup>	3.71×10 <sup>-4</sup>

### 3. 室内空気汚染物質の健康被害量の概算

#### 3.1 職域における曝露の健康被害量

本研究で算出した職域曝露による健康被害のダメージ関数とこれまで算出してきた室内化学物質のダメージ関数(表8)とを比較すると、

本研究で算出したダメージ関数の値は小さいものとなった。しかし、職域曝露は比較的高い濃度、または職業上、異なる住宅建築を繰り返し長期間の曝露となることから健康被害量としては無視できない大きさであることが推り、施工期間中の放散量の多さが予想される。施工期間6ヶ月うち内装工事3ヶ月の場合のホルムアルデヒドの職業性曝露による健康被害量(図3左網掛部分)を概算してみると表9に示す結果となった。内装工事期間3ヶ月のホルムアルデヒド曝露による健康被害量は6.78×10<sup>-7</sup> DALYであり、これは約30秒間の寿命短縮に相当する。この値自体は微量であるが、実際にはホルムアルデヒド以外の物質も曝露することや、3ヶ月以降も異なる住宅建築で同様の曝露を繰り返すことを考えると、職域曝露による健康被害の総量としては深刻な可能性がある。

#### 3.2 施工期間から居住期間にかけての総合影響評価

これまで、居住期間における室内化学物質の曝露による健康被害の評価方法(図3右点画)を検討していた。放散量の最も多い施工期間(図3左網掛)の影響は評価することができなかったため、建材の評価を行う際には居住期間の被害のみの検討(図3右点画)となっていた。今回本研究において職域曝露による健康被害量の評価手法を作成したことにより、建材の影響評価を施工段階から居住期間にかけてより現実的に即した評価ができるようになったといえる。

表9 建設現場におけるホルムアルデヒド職業性曝露による健康被害量の計算結果(施工期間6ヶ月うち内装工事3ヶ月の場合)

床材 F☆☆☆ (最大放散速度 20μg/m <sup>2</sup> h) 初期10日間の放散速度: 28μg/m <sup>2</sup> h <sup>文15)</sup> 11日目以降~90日目までの放散速度: 18μg/m <sup>2</sup> h <sup>文15)</sup>
壁・天井材 F☆☆☆☆ (最大放散速度 5μg/m <sup>2</sup> h) 床材と同様に初期10日間は最大放散速度の3倍になると仮定 初期10日間の放散速度: 15μg/m <sup>2</sup> h 11日目以降~90日目までの放散速度: 5μg/m <sup>2</sup> h
住宅モデル: 建築学会標準問題モデル (床面積 119.2m <sup>2</sup> 、壁面積 323.2m <sup>2</sup> 、天井面積 119.2m <sup>2</sup> ) <b>床材からのホルムアルデヒド放散量(内装工事期間3ヶ月)</b> (28μg/m <sup>2</sup> h×10日×24h+18μg/m <sup>2</sup> h×80日×24h) ×床面積 119.2m <sup>2</sup> = 4.92×10 <sup>6</sup> μg = 4.92 g *壁材・天井材も同様に計算: 総量 10.3g <b>ホルムアルデヒドの職業性曝露による健康被害量</b> 10.3×10 <sup>-3</sup> kg × 6.59×10 <sup>-5</sup> DALY/kg = 6.78×10 <sup>-7</sup> DALY

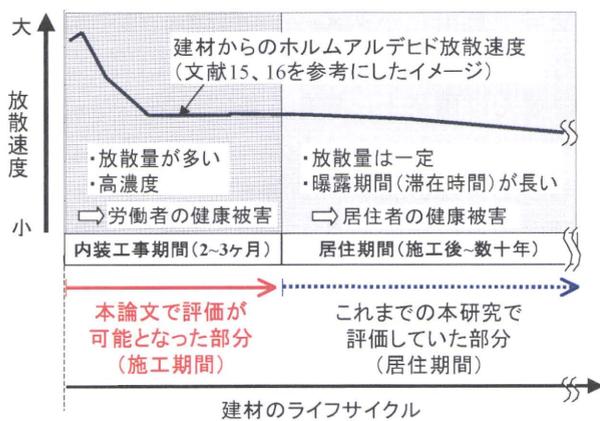


図3 建材のライフサイクルと本研究における健康被害の評価可能期間

### C. まとめ

- 1) 室内で発生する化学物質の職業性曝露における健康被害の評価手法を日本版被害算定型影響評価手法 LIME に倣って検討した。
- 2) 室内ホルムアルデヒドによる発ガンのダメージ関数は  $6.59 \times 10^{-5}$  (DALY/kg)、室内トルエンによる中毒症状のダメージ関数は  $1.20 \times 10^{-5}$  (DALY/kg) となった。
- 3) 本手法により室内空気汚染の職業性曝露の健康被害評価が可能となり、施工から居住期間にかけての総合的な評価ができるようになった。

(倫理面への配慮)

本研究は、北里研究所病院・倫理委員会の承認を得て実施した。患者に対して本研究の目的・データの取り扱い(匿名化)・データの管理方法・研究成果の公表等について十分な説明を行い、同意の得られた者についてのみ研究に使用した。

### D. 考察

今回本研究において職域曝露による健康被害量の評価手法を作成したことにより、建材の影響評価を施工段階から居住期間にかけてより現実に即した評価ができるようになったといえる。

### E. 結論

本分担研究では建築環境工学、医学、LCA工学の専門家による横断的な共同研究を行い、室内空気汚染の職業性曝露の健康被害評価が可能となり、施工から居住期間にかけての総合的

な評価ができるようになった。

### 平成 21 年度：参考文献

- 1) 成田菜採, 村上周三, 伊香賀俊治, 坂部貢, 伊坪徳宏, 水石仁: 室内空気汚染のライフサイクルインパクト評価手法の開発, 日本建築学会環境系論文集第 592 号, 83-88, 2005
- 2) 成田菜採, 村上周三, 伊香賀俊治, 坂部貢, 伊坪徳宏, 水石仁: 換気回数の変化が人間健康被害と内部・外部費用に与える影響のライフサイクルインパクト評価, 日本建築学会環境系論文集第 595 号, 129-134, 2005

### 平成 22 年度：参考文献

- 1) エリザベス L. アンダーソン, ロイ E. アルバート: 室内空気質のリスク評価, 2004. 8
- 2) 伊坪徳宏, 稲葉敦: ライフサイクル環境影響評価手法, 2005. 9
- 3) 成田菜採, 村上周三, 伊香賀俊治ら: 室内空気汚染による健康被害に関する研究(その1) 人間健康被害のライフサイクルインパクト評価手法の開発, 日本建築学会学術講演梗概集, 2005. 9
- 4) 津田公平, 成田菜採, 村上周三, 伊香賀俊治ら: 室内空気汚染による健康被害に関する研究(その2) 室内化学物質による人間健康被害のダメージ関数 DF の算定, 日本建築学会学術講演梗概集, 2005. 9
- 5) 成田菜採, 村上周三, 伊香賀俊治ら: 室内空気汚染による健康被害に関する研究(その3) 換気回数の変化による異なる環境影響のライフサイクルインパクト評価, 空気調和衛生工学会学術講演梗概集, 2005. 8
- 6) 成田菜採, 村上周三, 伊香賀俊治ら: 室内空気汚染による健康被害に関する研究(その4) 室内空気汚染物質のダメージ関数算出と室内・屋外環境における日本全国の被害量の比較, 日本建築学会関東支部研究報告集, 2006. 3
- 7) 成田菜採, 村上周三, 伊香賀俊治ら: 室内空気汚染による健康被害に関する研究(その5) 室内空気汚染のダメージ関数を用いた日本人全体の健康被害量の推計, 日本建築学会学術講演梗概集(投稿中), 2006. 9

- 8) 産業医学総合研究所: 産業医学総合研究所の役割—有害化学物質による健康障害の予防
- 9) 環境省環境保健部環境リスク評価室: 化学物質の環境リスク評価 第2巻、2003. 3
- 10) 中西準子、岸本充夫: 詳細リスク評価書シリーズ3 トルエン、2005. 3
- 11) 成田菜採、村上周三、伊香賀俊治ら: 室内ホルムアルデヒドの暴露解析および日予測摂取量の算定、平成16年度空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集3、pp1995-1998、2004. 9
- 12) 宇田川光弘: 標準問題の提案—住宅用標準問題一、日本建築学会第15回熱シンポジウムテキスト、pp22-33、1985
- 13) 総務省: 平成12年産業連関表 計数編(2) 雇用手帳、2004. 3
- 14) 日本建設業団体連合会: 建設業ハンドブック2005、2005. 7
- 15) 日本建築学会: シックハウスを防ぐ最新知識—健康な住まいづくりのために—、2005. 3
- 16) 日本建築学会: シックハウス事典、技報堂出版、2001. 9
- 17) 唐沢正義: 職業性疾病を予防するために作業環境管理が果たす役割—日本の経験から—、日本作業環境測定協会論文、2005. 9

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

- 1) Yuka None, Hidemitsu Pan-Hou, Ryosuke Nakamura, Kou Sakabe, Masako Kiyono: Roles played by MerE and MerT in the transport of inorganic and organic mercury compounds in gram-negative bacteria. J Health Sci, 56(1): 123 - 127, 2010
- 2) Takeo Miki, Yoko Inoue, Eriko Miyajima, Yasushi Kudo, Masashi Tsunoda, Sginichi Kan, Kou Sakabe, Yoshiharu Aizawa: Enhanced brain images in the limbic system by functional magnetic resonance imaging (fMRI) during chemical exposures to patients with multiple chemical sensitivities. Kitasato Med J, 40: 27 - 34, 2010
- 3) Yasumasa Matsuzaka, Yukie Y. Kikuti,

Akiko Mizutani, Yoshiko Aoyama, Kazuhiko Kakuta, Akira Oka, Hidetoshi Inoko, Kou Sakabe, Satoshi Ishikawa, Jerzy K. Kulski, Minoru Kimura: Association study between sick building syndrome and polymorphisms of seven human detoxification genes in the Japanese. Environ. Toxicol. Pharmacol. 29: 190-194, 2010

4) Masako Kiyono, Kiyomi Miyahara, Yuka Sone, Hidemitsu Pan-Hou, Shinpei Uraguchi, Ryosuke Nakamura, Kou Sakabe: Engineering expression of the heavy metal transporter MerC in *Saccharomyces cerevisiae* for increased cadmium accumulation. Appl. Microbiol. Biotechnol. 86: 753 - 759, 2010

5) Masako Kiyono, Yuka Sone, Ryosuke Nakamura, Hidemitsu Pan-Hou, Kou Sakabe: The MerE protein encoded by transposon Tn21 is a broad mercury transporter in *Escherichia coli*. FEBS letters, 583: 1127 - 1131, 2009

6) Sachiko Hojo, Kou Sakabe, Satoshi Ishikawa, Mikio Miyata, Hiroaki Kumano: Evaluation of subjective symptoms of Japanese patients with multiple chemical sensitivity using QEESI. Environ. Health Prev. Med. 14: 267 - 275, 2009

7) Eriko Miyajima, Yasushi Kudo, Mio Ishibashi, Takeo Miki, Masashi Tsunoda, Kou Sakabe, Yoshiharu Aizawa:

Classification with detailed criteria for sick house syndrome which help to determine chemically affected patients. Kitasato Med. J. 39: 31 - 43, 2009

### 2. 学会発表

1) Kou Sakabe: Sensitization Studies in Electromagnetic Intolerant Individuals. 28<sup>th</sup> International Symposium on Man and His Environment. in Dallas, Tx, USA, 2010

2) Kou Sakabe: Sensitization Studies in Chemically Intolerant Individuals-Sick House Syndrome and Chemical Sensitivity. ISOEAID' 2010, Kyoto, 2010

3) Kou Sakabe: Clinical classification with

detailed criteria for sick house syndrome which help to determine chemically affected patients. Taiwan-Japan Joint Symposium on Indoor Environmental Quality and Health., 2010

4) 宮島江里子、小沢学、王国琴、星佳芳、角田正史、宮田幹夫、坂部貢、杉浦由美子、相澤好治：シックハウス症候群の臨床分類における化学物質起因シックハウス症候群患者（2型）の発症前後の化学物質不耐性お変化. 第19回日本臨床環境医学会学術集会, 2010

5) 齊藤亜矢、割田貴之、大久保朋一、津田道雄、安田佳代、坂部貢、木村穰、安田佳代、石井直明、石川哲、阿部幸一郎、木村穰：シックハウス症候群に関連する有機リンの実験動物の発生への影響. 第19回日本臨床環境医学会学術集会, 2010

6) 清野正子、東條博隆、曾根有香、中村亮介、坂部貢、井上健一郎：水銀トランスポーター MerF を利用したメチル水銀高蓄積植物の作出. 第19回日本臨床環境医学会学術集会, 2010

7) 木村穰、津田道雄、大久保朋一、割田貴之、安田良佳代、松坂恭成、青山美子、坂部貢、石井直明、石川哲：シックハウス症候群に関連すると思われる Neuropathy Target Esterase 測定法の開発と遺伝子変異線虫の解析. 第18回日本臨床環境医学会学術集会, 2009

8) 中村亮介、清野正子、曾根有香、坂部貢：リンパ管内皮細胞長寿命株の樹立. 第18回日本臨床環境医学会学術集会, 2009

9) 曾根有香、中村亮介、芳生秀光、坂部貢、清野正子：Tn21由来 MerE のメチル水銀輸送機能の解析. フォーラム 2009：衛生薬学・環境トキシコロジー、日本薬学会, 2009

平成 21 年度報告：参考図表

表 SI 1 本研究で開発してきた室内空気汚染の被害係数（太字を本分担研究で報告した）

対象とした汚染物質	対象とした症状	被害係数 [DALY/kg] 【居住時】		被害係数 [DALY/kg] 【施工時】	
		戸建住宅	集合住宅	戸建住宅	集合住宅
ホルムアルデヒド	シックハウス症候群	<b><math>1.73 \times 10^{-2}</math></b>	<b><math>6.71 \times 10^{-2}</math></b>	—————	
	鼻咽頭のガン	$8.28 \times 10^{-4}$	$3.21 \times 10^{-3}$	$6.49 \times 10^{-5}$	$2.52 \times 10^{-4}$
トルエン	シックハウス症候群	<b><math>1.33 \times 10^{-2}</math></b>	<b><math>5.17 \times 10^{-2}</math></b>	—————	
	中毒症状	$5.69 \times 10^{-5}$	$4.70 \times 10^{-4}$	$4.45 \times 10^{-6}$	$3.68 \times 10^{-5}$
NO <sub>x</sub>	呼吸器系疾患	$1.86 \times 10^{-3}$	$7.21 \times 10^{-3}$	—————	
SO <sub>x</sub>	呼吸器系疾患	$3.93 \times 10^{-3}$	$1.52 \times 10^{-2}$	—————	
PM <sub>10</sub>	呼吸器系疾患	$1.33 \times 10^{-1}$	$3.49 \times 10^{-1}$	—————	
PM <sub>2.5</sub>	呼吸器系疾患	$5.16 \times 10^{-1}$	1.35	—————	

表 SI 2 化学物質の単位量排出による室内濃度増加 Δ C の算定 計算方法

<p><u>室内濃度増加 Δ C 【戸建住宅】</u>                  = 汚染物質の年間単位排出量(1[kg]) ÷ 年間換気量[m<sup>3</sup>]                  = 1[kg/年] ÷ (1.0[回/h] × 302[m<sup>3</sup>] × 24[h/日] × 365[日/年])                  = <math>3.78 \times 10^{-7}</math>[kg/m<sup>3</sup>] = <math>3.78 \times 10^2</math>[μg/m<sup>3</sup>]                  ( 室容積 (一住戸) : 302m<sup>3</sup> (建築学会標準モデル)、換気回数 : 1.0 回/h)</p>
<p><u>室内濃度増加 Δ C 【集合住宅】</u>                  = 汚染物質の年間単位排出量(1[kg]) ÷ 年間換気量[m<sup>3</sup>]                  = 1[kg/年] ÷ (0.7[回/h] × 111[m<sup>3</sup>] × 24[h/日] × 365[日/年])                  = <math>1.47 \times 10^{-6}</math>[kg/m<sup>3</sup>] = <math>1.47 \times 10^3</math>[μg/m<sup>3</sup>]                  ( 室容積 (一住戸) : 111m<sup>3</sup> (日本全国平均値)、換気回数 : 0.7 回/h)</p>

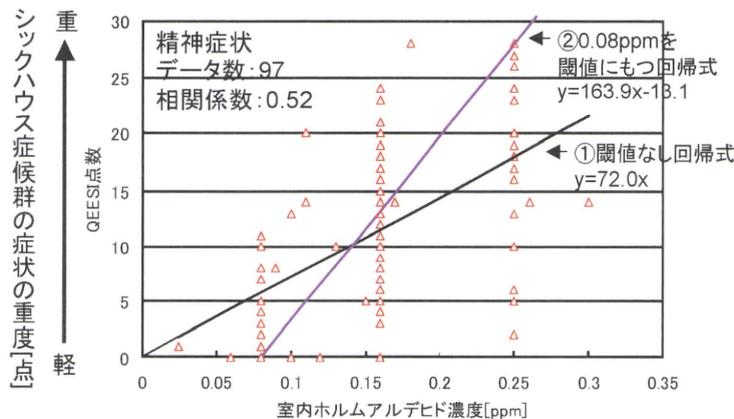


図 SI 1 室内ホルムアルデヒド濃度とシックハウス症候群の精神症状の患者データおよび回帰式