

化学物質による健康障害リスクの評価における JEM (職務-曝露マトリックス) と GHS 分類の利用に関する研究

齊藤 宏之^{*1} 毛利 一平^{*2} 宮川 宗之^{*3}

職業病・作業関連疾患対策を立案する上で重要なツールとして、Job-Exposure Matrix (JEM) が挙げられる。欧米では複数の JEM が構築され、疫学研究や曝露サーベイランスに利用されているが、我が国ではまだ構築されていない。我々は、フィンランド国立職業保健研究所が構築した FinJEM に着目し、この日本語化を行うと共に、GHS 分類の統合ならびに我が国のデータの取り込みを試みた。日本語化は終了し、GHS 分類の統合についてもインターフェースを同一のものとして扱える段階までは統合されたが、本格的な統合には至っていない。また、我が国のデータとして作業環境測定結果を用いた取り込みの検討を行ったが、対象物質やデータ構造の差が予想以上に大きく、実際に取り込みを行うまでは至らなかった。今後、我が国においても JEM の構築を行うことが望まれるが、その際には信頼性のある、規模の大きなデータを利用できることが必要と考えられる。

キーワード: 疫学, データベース, JEM, サーベイランス, GHS

1 はじめに

職業病・作業関連性疾患対策の立案において、疫学データは重要な役割を果たす¹⁾。すなわち単に疫学的因果関係を示すことにより、対策の対象となる原因を絞り込むための情報を提供できるだけでなく、問題の相対的あるいは絶対的な大きさを示すことにより、そこに投入すべき社会的資源の内容と規模の決定を支援することができるのである。このため、欧米においては毎年数多くの職業疫学研究成果が公表されるが、日本のそれは(研究手法や分野にもよるが)かなり少ない^{2) 3)}。原因としては様々な要素が考えられるが、欧米との比較では Job-Exposure Matrix (職務-曝露マトリックスあるいは職業別曝露表、以下 JEM) など、曝露評価のためのツールの開発が遅れていることもその一因と言えるだろう。JEM は職業疫学研究の対象者について、特に過去のばく露評価を行う際、職歴から曝露を再構築するために用いられる。最も簡単なものは、産業/職業/職務ごとに有害化学物質への曝露の有無を記述した定性的なものであり、1941 年の Reed と Harcourt のテキストに遡る⁴⁾。その後、職場における様々な有害要因が測定され、記録されるようになると、これらのデータを用いて過去の職歴から曝露を評価することが可能になってきた。1990 年代にフィンランド国立職業保健研究所によって開発された JEM である FinJEM は、年代別に職業・産業ごとの有害要因別曝露調査データをまとめ、さらに職業ごとに有害要因別の曝露の可能性(すなわち、年間総労働時間のうちの何%で曝露を受けているか)の情報を加えたもので、労働者集団の過去の曝露評価に非常に有用であり、多くの国(特にヨーロッパ)で、多くの職業疫学調査に活用されることとなった⁵⁾。図 1 に JEM の基本的な概念を示す。

1) JEMによる定性的な曝露評価の例



2) JEMによる半定量的な曝露評価の例



3) JEMによる定量的な曝露評価の例



図1. JEMによる曝露評価の概念図

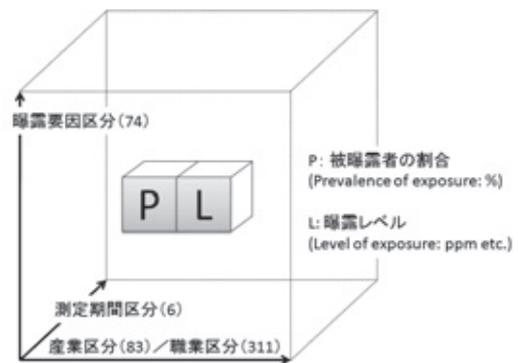


図2. FinJEMの基本構造(概念図)

労働安全衛生総合研究所では、2003～05年の作業関連疾患の疫学研究プロジェクトにおいて、日本における将来の JEM 構築の参考資料として FinJEM を入手した。FinJEM の基本的な構造(概念)は図 2 のとおりで、①産業 83 区分・職業 311 区分と②測定期間 6 区分によって区分された③曝露要因 74 区分ごとに、④被曝露者の割合と⑤曝露レベルデータを格納するデータベースとなっている。このほか産業・職業ごとの従事者人口などのデータを持っている。これらのデータを組み合わせる

*1 環境計測管理研究グループ

*2 (財)労働科学研究所(元当研究所研究員)

*3 健康障害予防研究グループ



図3：日本語化及びGHS情報と統合したFinJEMのインターフェース画面

ことによって、職業性要因への曝露を様々な切り口から描き出すことができるようになっていく。

FinJEMではまた、内部に持つ職業・産業別人口データと組み合わせることで、職業・産業・有害要因別に被曝人口を推定できる、曝露サーベイランスのための機能を併せ持っている。ここではこの機能に着目し、FinJEMのインターフェースを日本語化し、またデータとして日本のものを用いることで、日本における化学物質による健康障害リスク評価に寄与できると考えた。さらに、GHS分類の情報^{6) 7)}を統合すれば、GHS区分ごとの曝露サーベイランスなども可能となり、GHS分類情報の高度な活用が可能になるので、本研究に取り組むこととした。

2 方法

1) FinJEMの日本語化とGHSデータの統合

FinJEMは英語・フィンランド語が混在しているため、このまま日本国内向けに用いることは困難である。このことから、まずFinJEMの日本語化を試みた。その上で、同じインターフェースでGHSデータを取り扱えるように改良した。GHS分類情報については、2007年中に独立行政法人製品評価技術基盤機構(NITE)のWebサイト⁸⁾よりダウンロードしたものを取り込んだ。

2) FinJEMへの我が国のデータの取り込み

FinJEMに取り込むことを検討する我が国におけるデータとして、当研究所にて過去に実施した調査(衛生管理特別指導事業場調査)^{9) 10)}における作業環境測定結果のデータ(以下、衛特DB)を選択し、FinJEMとの比較を行うと共に、JEM構築に利用可能かどうかの検討を行った。

3 結果

1) FinJEMの日本語化とGHSデータの統合

日本語化し、GHSデータと統合させたFinJEMのインターフェース画面を図3に示す。

2) FinJEMへの我が国のデータの取り込み

(1) 対象物質の比較

衛特DBの対象物質は、調査を行った時点における作

業環境測定の対象物質であるのに対し、FinJEMの対象はそれと大きく異なる。たとえば粉じんと比較すると、FinJEMは13種類の粉じんが個別登録されている一方で、衛特DBは「土石、岩石、鉱物、金属又は炭素の粉じん」として一括して登録されている(遊離ケイ酸濃度によって管理濃度変動)。その一方、有機溶剤や特定化学物質では衛特DBには作業環境測定が義務づけられている物質が個別に登録されているが、FinJEMの収録対象は限定されている。このように、それぞれのデータベースの対象となっている物質には、かなりの差があることがわかった(表1)。

(2) データ内容の比較

FinJEMに収録されている各物質ごとの項目は許容濃度、労働者数、曝露人口、曝露確率、曝露濃度、職種、業種、測定時期である。一方、衛特DBは作業環境測定によって得られた管理濃度(E)、第一評価値(E_{A1})、第二評価値(E_{A2})、B測定値(C_B)、作業環境管理区分、業種、測定時期、事業場規模であり、労働者数、曝露人口、曝露確率、職種は含まれていない。また、FinJEMにおける曝露濃度は個人曝露濃度であるのに対し、衛特DBではA測定(場の測定)によるE_{A1}、E_{A2}およびB測定値であるという差異があるが、これはフィンランドおよび日本の法規の違いによるものである。

(3) 衛特DB(作業環境測定結果)を用いたJEM構築の検討

我が国での曝露状況を推定するためには我が国のデータを用いて構築することに意義がある。我が国において適用可能なデータとしては作業環境測定結果が候補として考えられることから、作業環境測定結果を用いてJEMを構築することが可能かどうかを検討した。作業環境測定結果には、第一評価値(E_{A1}、高濃度側から5%相当の濃度)、第二評価値(E_{A2}、算術平均値)およびB測定値(C_B、作業者の曝露が最大と考えられる場所・時間での測定値)が含まれている。厳密な意味での曝露濃度では無いが、JEM構築に用いるデータとしては第二評価値(E_{A2})が適当と思われる。例として鉛のデータを用い、業種(中分類)別のE_{A2}を計算した結果を表2に示す。FinJEMに含まれている職種、曝露人口、曝露確率のデータは存在しないため収載することは不可能であるが、業種別のJEMとしてはある程度活用可能な

表 1：FinJEM と作業環境測定データの対象物質の比較

分類	FinJEM	作業環境測定データ
粉じん	無機鉱物の粉じん、石英粉じん、動物の粉じん、小麦粉の粉じん、木材粉じん、硬材粉じん、軟材粉じん、革の粉じん、植物の粉じん、パルプまたは紙の粉じん、合成高分子の粉じん、織物の粉じん、その他の粉じん	土石、岩石、鉱物、金属又は炭素の粉じん (遊離ケイ酸濃度によって管理濃度が変動)
有機溶剤	塩素化炭化水素溶剤、脂肪族炭化水素溶剤、芳香族炭化水素溶剤、ガソリン、その他の溶剤	ニトログリコール、パラニトロクロロベンゼン、ベンゼン、アセトン、イソブチルアルコール、イソプロピルアルコール、イソペンチルアルコール、エチルエーテル、エチレングリコールモノエチノール、エチレングリコールモノエチルエーテルアセテート、エチレングリコールモノブチルエーテル、エチレングリコールモノメチルエーテル、オルト-ジクロロベンゼン、キシレン、クレゾール、クロロベンゼン、クロロホルム、酢酸イソブチル、酢酸イソプロピル、酢酸イソペンチル、酢酸エチル、酢酸ブチル、酢酸プロピル、酢酸ペンチル、酢酸メチル、四塩化炭素、シクロヘキサノール、シクロヘキサノン、1・4-ジオキサン、1・2-ジクロロエタン、1・2-ジクロロエチレン、ジクロルメタン、N・N-ジメチルホルムアミド、スチレン、1・1・1・2-テトラクロロエタン、テトラクロロエチレン、テトラヒドロフラン、1・1・1-トリクロロエタン、トリクロロエチレン、トルエン、二硫化炭素、ノルマルヘキサン、1-ブタノール、2-ブタノール、メタノール、メチルイソブチルケトン、メチルエチルケトン、メチルシクロヘキサノール、メチルシクロヘキサノン、メチルブチルケトン、エチレンイミン
金属	クロム、カドミウム、鉛、鉄	カドミウム及びその化合物、クロム酸及びその化合物、五酸化バナジウム、重クロム酸及びその塩、水銀及びその無機化合物、ベリリウム及びその化合物、マンガン及びその化合物、鉛及びその化合物
その他の化学物質	アスベスト、ヒ素、一酸化炭素、ベンゾピレン、イソシアネート、殺虫剤、殺菌剤、ホルムアルデヒド、除草剤、人造鉱物繊維、オイルミスト、多環芳香族炭化水素、揮発性硫黄化合物、アスファルトヒューム	アクリルアミド、アクリロニトリル、アルキル水銀化合物、石棉、塩素、シアン化カリウム、シアン化水素、シアン化ナトリウム、臭化メチル、弗化水素、ペンタクロロフェノール、沃化メチル、硫化水素、塩化ビニル、ポリ塩化ビフェニル、コールタール、3・3'-ジクロロ 4・4'-ジアミノジフェニルメタン、トリレンジイソシアネート、ニッケルカルボニル、ベータプロピオラクトン、硫酸ジメチル
物理因子	寒冷、暑熱、電離放射線、低周波電磁波、高周波電磁波、騒音、瞬間騒音、紫外線、手腕振動	
その他	ディーゼル排ガス、ガソリン排ガス、バクテリア、カビ、職場での間接喫煙	

ものが構築できると思われる。但し、粉じんについては遊離ケイ酸濃度によって管理濃度が変動するため、JEMの構築に際してはどのようにデータを用いるのかを慎重に検討する必要がある。また、衛特DBには作業環境測定結果の他、じん肺特殊健康診断結果、鉛特殊健康診断結果、有機溶剤特殊健康診断結果のデータが存在する。これらには曝露の結果生じた健康影響や、生物学的モニタリングによる曝露評価データが存在するため、これらをJEM構築に用いることも一考である^{9) 10) 11)}。

4 考察

現状ではGHS分類の内容がFinJEMとは独立に表示されるだけで、本格的に統合できていが、将来的に日本における曝露サーベイランスデータが整備され、GHS分類との統合ができれば、例えばGHSの区分ごとに、

どのような産業・職業において、どれだけの労働者が、どのような化学物質に、どの程度曝露されているかといった情報を瞬時に取り出すことができるようになる。こうした情報は、GHS分類をベースとして化学物質による健康障害リスク予防のための社会資源の配置を検討するうえで、非常に重要な役割を果たすことが期待される。

また、日本の曝露データへの置き換えの検討結果については、データの構造が異なるためそのままFinJEMに取り込むことは困難であるが、今後、作業環境測定の原因データや有害物曝露作業報告（安衛則95条の6）のデータの活用が可能になれば、曝露データの置き換え自体は容易であるので、化学物質への曝露サーベイランスや疫学における曝露評価ツールとして日本でも活用が進むと期待される。

表2：衛特DB（作業環境測定結果）を用いた業種別の集計例（鉛）

業種（中分類）	n	第二評価値 (E _{A2} , mg/m ³)				作業環境管理区分 (%)		
		平均値	標準偏差	最小値	最大値	第一	第二	第三
8 設備工事業	4	0.012	0.000	0.012	0.012	100.0	0.0	0.0
11 繊維工業	5	0.013	0.002	0.012	0.017	100.0	0.0	0.0
15 パルプ・紙・紙加工品製造業	1	0.038	NA	0.038	0.038	0.0	100.0	0.0
17 化学工業	112	0.068	0.083	0.001	0.440	51.8	25.4	22.8
19 プラスチック製品製造業	8	0.023	0.026	0.003	0.080	87.5	12.5	0.0
22 窯業・土石製品製造業	40	0.040	0.051	0.001	0.203	60.0	17.5	22.5
23 鉄鋼業	17	0.041	0.067	0.003	0.290	64.7	17.6	17.6
24 非鉄金属製造業	103	0.208	0.654	0.003	4.910	69.9	8.7	21.4
25 金属製品製造業	10	0.006	0.004	0.000	0.013	100.0	0.0	0.0
26 一般機械器具製造業	10	0.016	0.022	0.001	0.070	80.0	20.0	0.0
27 電気機械器具製造業	72	0.052	0.049	0.000	0.252	43.2	40.5	16.2
28 情報通信機械器具製造業	10	0.007	0.004	0.001	0.012	90.0	0.0	10.0
29 電子部品・デバイス製造業	62	0.024	0.056	0.002	0.416	85.5	9.7	4.8
30 輸送用機械器具製造業	7	0.015	0.017	0.001	0.048	77.8	0.0	22.2
31 精密機械器具製造業	23	0.055	0.133	0.001	0.476	73.9	17.4	8.7
32 その他の製造業	3	0.011	0.006	0.007	0.018	66.7	33.3	0.0
85 廃棄物処理業	3	0.039	0.018	0.024	0.059	33.3	33.3	33.3
全業種	490	0.079	0.312	0.000	4.910	64.7	19.0	16.3

参 考 文 献

- 1) 大久保利晃. 最近の職業癌の疫学（追補）. 現代労働衛生ハンドブック増補改訂版2版増補編. 神奈川：労働科学研究所出版部, 1994.
- 2) 大久保利晃. 最近の職業がんの疫学的研究. 労働の科学 1986; 41 (8) 49-53.
- 3) 毛利一平. 疫学研究者からの要望－職業がんの疫学研究を例として. 日本学術会議・第81回日本産業衛生学会共催(市民公開)シンポジウム、我が国の労働安全衛生政府統計の現状と利活用の課題、第81回日本産業衛生学会企画運営委員会編、「人間らしい労働」と「生活の質」の調和－働き方の新しい制度設計を考える. 労働科学研究所出版部. 川崎. 2009.
- 4) Acheson ED. What are job exposure matrices?. In: Job Exposure Matrices. Scientific Report No.2. Medical Research Council, 1983.
- 5) Kauppinen T, Toikkanen J, Pukkala E. From cross-tabulations to multipurpose exposure information systems: a new job-exposure matrix. Am J Ind Med. 1998 ; 33 : 409-17.
- 6) 藤本康弘, 宮川宗之. GHSの動向－改訂第3版における主な修正点. 安全工学 2009 ; 48 (6) 358-367.
- 7) 宮川宗之. 化学物質の危険有害性に関する分類・表示の世界調和システム（GHS）とわが国における実施について. 日本衛生学雑誌 2010 ; 65 (1) 5-13.
- 8) 独立行政法人製品評価技術管理分野. GHS分類対象物質一覧. <http://www.safe.nite.go.jp/ghs/list.html>
- 9) 齊藤宏之, 毛利一平, 城内 博ほか. 作業環境測定結果及び健康診断結果等の保存記録の調査報告書 平成12年度集計結果. 独立行政法人産業医学総合研究所, 2002.
- 10) 齊藤宏之. アンケート調査による有害物質取り扱い作業場の労働衛生管理状況についての調査研究. 博士学位論文. 東北大学 乙第 8805 号, 2007.
- 11) Saito H, Mori I, Ogawa Y, Hirata M. Relationship between blood lead level and work related factors using the NIIH questionnaire system. Ind Health. 2006 ; 44 (4) : 619-28.

(平成22年9月17日受理)