

指摘することは簡単である。しかしながら、まだ事故が起きていない「事前」の状況において具体的にどのようなルールを定めればよいのかは必ずしも自明ではない。

社内規定違反

社内規定違反は「思い込みによる誤判断」と同時に指摘されているケースが多かった。「大丈夫だ」「安全である」「この操作で問題ないはず」といった思い込みがあるからこそ、規定に違反しても大丈夫だろうという考えが生まれるものと推察できる。規定違反が起こる別の論理として「順守にはコストがかかる」というものがある。この場合のコストは必ずしも金銭的なものではない。一般に規定を順守するには体力的、精神的、時間的負担をとらなければならない。その負担すなわちコストを嫌って規定違反してしまうという考え方がある（規定にのっとった行動を取ることがむしろ楽で快適であるならば、規定の存在とは無関係にその行動を取るだろう。その場合あえて規定を作らなくても作業者は進んでその行動を取ってくれるはずである）。

C-3 概念モデルを用いた事故原因の見取り図

ここでは、事故原因の概念モデルを用いた分析例を示す。とりあげた事故は日本におけるアルキルアルミニウム製造プラントでの反応器破裂事故（付表，No.13）である。ここでは事故そのものの解説（背景，経過，被害，教訓等）はせず，事故原因を俯瞰的に捉えることを目的とする。

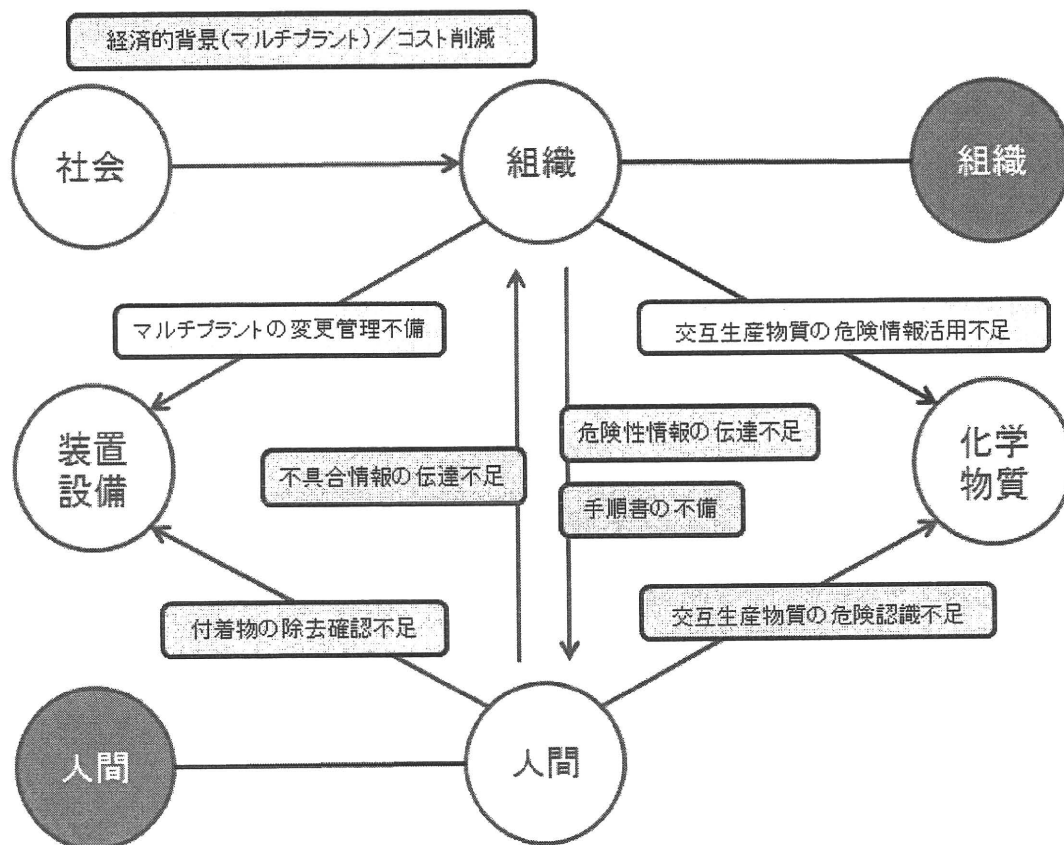


図 2 日本におけるアルキルアルミニウム製造プラントでの反応器破裂事故 (付表, No.13)

日本におけるアルキルアルミニウム製造プラントでの反応器破裂事故(付表, No.13)

本事故が起きるにいたった要因は重層的である. ひとつのプラントを「マルチプラント」として活用していた（ひとつのプラントを，洗浄等を施した上で，複数物質の生産に使用していた）ことが背景にある. 一般的に，マルチプラント活用を行うことは珍しいことではない. 同一設備で複数物質を生産することができるならば，そうすることが経済的に合理的である. ひとつの物質にひとつのラインを整備するのでは多大なコストがかかってしまい，利益が低下し，ひいては市場での競争に負けてしまう（「社会→組織」の問題）.

マルチプラントで安全に操業するためには，変更管理（生産する化学物質を変える際に設備を適切に調整する）に関するリスク情報，複数化学物質を扱うことに注目したリスク情報（予想外の反応など）を事前に整理しておくことが重要である. しかしながらこの事例では，両者とも十分に評価されないまま操業されていたと考えられている（「組織→装置設備」および「組織→化学物質」の問題）. 結果として作業員に危険情報が十分周知されず（「組織→人間」の問題），それが作業員の危険認識不足と装置設備や化学物質の不適切な扱いにつながった（「人間→装置設備」および「人間→化学物質」の問題）. さらに，現場作業員から管理者への情報伝達も滞っていた（「人間→組織」の問題）. 表 3 に簡潔に整理

した。

表 3 事故 No.13 の原因まとめ

インターフェース	組織，人の行動
社会－組織	経済的な事情を背景として潜在的に危険なマルチプラントを操業していた。
組織－設備	変更管理に関するリスク情報を事前に十分把握していなかった。
組織－化学物質	化学物質の交互生産に関するリスク情報を事前に十分把握していなかった。
組織－人間	作業員に危険情報を十分周知しなかった。手順書にも不備があった。
人間－組織	現場の情報を管理側に十分伝達しなかった（可能性あり）。
人間－設備	作業員の危険認識不足，装置設備の不適切な扱いがあった。
人間－化学物質	作業員の危険認識不足，化学物質の不適切な扱いがあった。

図 2 および表 3 から明らかなように，ひとつの事故でも多数の原因が関係している場合がある。このことは，事故対策として個別の原因をひとつひとつ除去するだけでは不十分であり，対策は「パッケージ」として提案する必要があることを示唆している。例えば（分かりきったことではあるが）設備や化学物質のリスク評価をするだけでは不十分なのであり，それを周知して初めて（さらに言うと，作業員がそれを理解したことを確認して初めて），事故予防対策としての実効性が担保されるという訳である。

インセンティブとの関連(平成 23 年度以降の研究に向けて)

図 2 および表 3 から事故関係者（組織）の「行動」を拾い上げてみる（考察のためにあえて正確性を欠く記述をしている場合がある）。この事故のケースでは，少なくとも事故データベースに明示的に記述されている問題行動は下記の 5 つに大きくまとめられる。

- 当該企業がマルチプラントを操業した。
- 企業が変更管理および化学物質の交互生産のリスクを評価しなかった。
- 企業が危険情報を作業員に周知徹底しなかった（手順書の不備を含む）。
- 作業員は現場の情報を管理側に適切に伝達しなかった（可能性あり）。
- 作業員は設備や化学物質を適切に扱わなかった。

人にインセンティブを与えて（＝「アメとムチ」を駆使して）変えることができるのは，人の「行動」である。したがって，事故報告書を読解し，その事故が進展していく中で各人・各組織がとった「行動」を明確に把握することが重要である。上では大きく 5 分類したが，分析上必要であればより詳細に（あるいはより大雑把に）分類すべきである。平成 23 年度以降の研究においては，上記のような組織や作業員による問題行動を適切な行動に変えることを促すためにどのようなインセンティブを与えればよいのか（＝どのような「ア

メとムチを与えればよいのか)を経済学(ゲーム理論)の厳密な分析手法に基づいて検討する。

D 考察

人的要因・組織要因が関係すると考えられる事故を「事故原因の概念モデル」に基づいて分類した。これは当該事故が「誰と誰の間で生じた問題が事故原因となったのか」という点に注目した分類である。「情報伝達不足」という現象を考えてみても、同一企業同一部署に属する労働者間の問題なのか、同一企業異部署に属する労働者間の問題なのか、あるいは異なる企業に属する労働者間の問題なのかによって、情報伝達をしない(し難い、できない)理由が異なると考えられる。換言すると、情報伝達しなくなる(したくてもできなくなる)インセンティブは事故関係者の置かれた立場によって異なると考えられる。単に「情報伝達されていなかった」という行動の内容だけでなく、「誰が」という行動の主体を明示的に整理することができた。これは、平成23年度以降の研究において、事故関係者のうちの誰をターゲットにしてインセンティブ設計すべきなのかという点を整理できたという意味で重要である。

エラー内容による分類では、「教育不足・無知」「情報伝達不足」「社内規定の不備」「慣れ」「社内規定違反」といったものが頻繁に報告されていた。単にどのようなエラーが頻出するかだけでなく、どのエラーとどのエラーが同時に発生しやすいかという観点でも整理することができた。これは、平成23年度以降の研究において、事故関係者のどのような行動をターゲットにしてインセンティブ設計すべきなのかという点を整理できたという意味で重要である。事故原因の概念モデルに基づく分類と併せれば、事故を重層的に理解することができる。

事件事例データベースでは、事故情報の現象面(誰が、どのような設備で、何をした、など)はよく整理されている場合が多い。しかし、「事故関係者がなぜその行動をとったのか」という「インセンティブ」の部分は触れられてない。もちろん、事故報告書には、事故に直接関係している確証のある事柄しか記載できないということがあるだろう。インセンティブは「人の意図」に関することであり、人の心の中は直接観測できないため、インセンティブを考察する場合には「推測」が入りがちである。あくまで推測にすぎないことを軽々に記述することはできないという事情は理解できる。

しかし、人の行動を理解する、あるいは変えるためにはインセンティブを理解することが必要である。なぜ各人がそのような行動をとるに至ったのかを捉えない限り、深い事故原因の解明にはほど遠い。また事故抑止対策の立案もままならない。もちろん「インセンティブ」概念は人間行動を理解する唯一の方法ではないが、人間行動について理論的・体系的に研究することが可能であり、事故の分析に応用可能な分析手法や分析例等の知見が蓄積されていることを鑑みれば、有望なアプローチだと考える。今後の研究では、事故調

査において「事故関係者の各人がどのようなインセンティブのもとに行動していたのか」という点を調べる際に調査員が参考にできるような「インセンティブ調査のためのガイドライン」を整備するという方向も検討したい。

注) 健康危険情報，知的財産権の出願・登録状況については関連事項がないため省略した。

ヒューマンエラー 原因の体系化

原因体系	No	事例 IDNo	タイトル	ヒューマンエラー系	ヒューマンエラー 詳細	ソフト系	ハード系	2次的原因要因	国名
人間-人間	1	RISCAD 7276 (1984/6/4)	精油所の重油タンク改造工事中に火災	コミュニケーション不足	①運転担当と保安担当者の情報連絡不足 ②火気使用作業の協議時に設備管理者側の工事責任者の立会いなし * 火気使用工事の日常化/慣れ/危険物管理に対する無関心	作業方法の選定ミス(事前協議不足)		人間-組織	日本
	2	RISCAD 07272 (1997/11/11)	精油所の減圧蒸留装置の高温ポンプが破裂	コミュニケーション不足(不確実な伝達)	①基本的な操作での不確実な伝達... 現場での正確な伝達 ②新人(現場経験1年間)へのOJT不足 * 操作を教えると同時に理由を教える	誤操作防止対策と手順書の不備		人間-装置	日本
	3	PEC-SAFER 00277 (2006/9/7)	PPS樹脂製造装置の重合反応器温度制御ミスによる火災	伝達ミス(温度制御ミス)	①温度調節バルブの全開の伝達忘れ ②マニュアルのknow why 教育不足	①自動運転~手動運転切替のマニュアル不明確 ②放出口管経路の複雑想定外		組織-装置	日本
	4	PEC-SAFER 00340 (1996/9/24)	アンモニアの漏洩により11名が中毒	バルブを誤って(確認なし)開放	ラインのフランジを緩めていた時に、別のオペレータがアンモニアタンクのバルブを開放(指示・伝達不足)	関連ライン工事の際には、開禁止札・結束をするルールなし(または不順守)		スペース確保、安全保護具の不備	フランス
	5	PEC-SAFER 00160 (1998/11/25)	ダイレード・コーキング装置再スタート時、コークスドラム解放時に火災	オペレータの提案に管理者が誤判断	・オペレータの水注入提案を管理者が難色を示し、冷却出来ていると誤判断	手順書の不順守		人間-化学物質	アメリカ
	6	PEC-SAFER 00117 (1996/7/16)	メチルエチルケトン(MEK)脱ろろ装置定期修理中ろ過機室で火災	ドレン抜き/火気使用工事の連携不足	・工事連絡不足(工事担当者への連絡なし)/ 危険物取扱の軽視	火気使用工事の作業規程不備		人間-組織	日本
	7	PEC-SAFER 00290 (1988/7/6)	パイパー・アルファ・ブラットホームの火災	予備ポンプの修理を引継がれていないので、使用したミス	・移送ポンプが故障したので予備ポンプ(修理中、安全弁取外し、遮断板の仮止め中)を使用したミス; 予備ポンプ使用前安全確認の省略と連絡ミス	メンテナン스에 関する 引継ぎ 不備		第三機関の監査指摘事項の未対応、モジュール間の防火壁の耐爆設計	アメリカ
	8	PEC-SAFER 00113 (1994/7/23)	充填中のタンクローリーでガソリン漏洩	2名作業の誤作動と誤操作(判断)/ガソリンの過充填	A: 計器室オペレータ: 異常警報システムの誤操作(誤判断) B: タンクローリーオペレータ: 誤操作と思い込み、異常警報をリセット > 現場状況確認なし	操作手順の教育不足		自動停止したオーバーフロー防止弁のシステムの要改善	日本

9	PEC-SAFER 00321 (2006/11/30)	出荷棧橋において、 パージ船へ出荷中荷 役外タンクのバルブ開 放	荷役外タンクバル ブ開放	A: 荷役予定外の送油バルブを全開に したまま送油/B: 送油前のバルブ確 認なし	作業前後の現地確認 徹底不足		日本
10	PEC-SAFER 00024 (1987/7/8)	常圧蒸留装置定修中 における空気熱交換 器での火災	バルブの誤操作 (開放)と引継ぎ手 順、操作手順の不 遵守	・弁開閉のマニュアルの不遵守/交代 勤務間の連絡ミス(2名以上間の連絡 ミス)	引継ぎ手順、操作手順の 不徹底	プロセスラインに合流する ユーティリティラインに は、逆止弁を設置	日本
11	PEC-SAFER 00212 (1993/9/30)	水素化精製装置往復 動圧圧縮機の分解中 に小爆発	クリアランスボケッ トバルブ部の水素 ガスのパージ不足 (確認不足、計画 不備)	・水素ガスの残留確認不足、メンテナ ンス計画不備(協力会社との連絡不 足?)	マニュアル類の不備、協 力会社への連絡?		日本
12	PEC-SAFER 00283 (2004/6/21)	配合用タンクからのシ ンナー漏洩	作業終了後全バ ルブ閉止ミス	・2名作業で、Aのバルブ閉止ミスを、B も確認せずに、大丈夫と思ひ込み、バ ルブで確認ミス	根本的な安全教育不足	ルール不遵守	日本

原因体系	No	事例 IDNo	タイトル	ヒューマンエラー系	ヒューマンエラー 詳細	ソフト系	ハード系	2次的原因要因	国名
人間-組織	13	RISCAD 07271 (1996/7/17)	アルキルアルミニウム 製造プラントで反応器 が破裂	ヒューマンエラー系 コミュニケーション 不足	①ジャケット上部の付着物の確認の重 要情報連絡不足...クリティカルな情 報であるとの認識 ②マルチプラントに対する評価不 足...一見同様に見える反応でも危険 評価不足	①マルチプラントの併用 品目の不適合 ②変更管理の不備	マルチプラントの洗浄不 備	組織-装置 人間-化学物質	日本
	14	PEC-SAFER 00151 (1966/1/4)	LPGタンク水抜き作業 中LPGガスが漏洩し 爆発火災	水抜きバルブ操作 ミス	・ダブルバルブ操作の意味 (know why) を伝えていなかった	バルブ操作表示、教育不 足	設備の改良、散水冷却設 備などの不備		フランス
	15	PEC-SAFER 00302 (1988/1/23)	LPG回収装置のフラ ンジからガスが漏洩火 災	配管フランジの組 立てミス	・工事(入口/出口)分岐点の担当者間 の連携不十分 ・補修作業体制(協力会社選定など) の不備	①設備維持管理基準の 不備 ②協力会社への教育			ドイツ
	16	PEC-SAFER 00188 (1992/12/15)	エチレン製造装置分 解炉内でコーキング準 備操作で漏洩火災	パージ終了と誤判 断	・経験の浅い作業員の非定常作業(作 業の意味を十分に伝える)確認ミス	作業方法の教育⇒操作 方法の潜在的危険性内 容の教育不足	①ドレンバルブの微開放 ②バルブタイプの不適合		日本
	17	PEC-SAFER 00070 (1994/8/18)	水素化脱硫装置配管 ベントノズルフランジ のガスケットご使用に よるガス等の漏洩	パッキンの誤使用 (仮パッキンの交 換ミス)	・パッキンの誤使用、思い込み(協力会 社間の保管に関する連絡不備)	協力会社間連絡不備、作 業指図書の不十分、工事 管理体制の不十分			日本

原因体系	No	事例 IDNo	タイトル	ヒューマンエラー系	ヒューマンエラー 詳細	ソフト系	ハード系	2次的要因要因	国名
組織一組織	18	PEC-SAFER 00218 (1996/11/1)	タンクの通気口を塞いで払い出しをしたため側板が変形	ヒューマンエラー系 施工業者の未指 示作業	ヒューマンエラー 詳細 ・工事検査部門と製造部門の工 事完了連絡ミス	施工業者との作業指示不 足、連絡不足	タンク通気口密閉での払 い出しによる側板変形		日本
	19	PEC-SAFER 00310 (1989/2/2)	マレイン酸製造装置設 備タンクヤードのタン ク爆発、火災	ヒューマンエラー系 生産部門・保守部 門の連絡	ヒューマンエラー 詳細 ・貯蔵タンク保守作業終了未確認、伝 達不足	保守手順・不備			フランス
	20	PEC-SAFER 00129 (1978/12/13)	常圧蒸留装置のドレン 弁誤操作による原油 噴出	ヒューマンエラー系 誤判断によるドレ ン弁の開放	ヒューマンエラー 詳細 ・圧抜きを蓋素ガス送入弁を開放する ところを、ドレン弁を開放したミス(下請 け作業:事業所の保安担当者、下請け の監督:不在)	協力会社を含めた作業基 準の未整備(作業指示、 責任分担、立会い)、教育 不足	運転ラインのドレン弁への 表示		日本
	21	PEC-SAFER 00098 (1970/2/26)	常圧蒸留塔塔底油ポ ンプケーシングのフラ ンジ部から熱油漏洩 火災	ヒューマンエラー系 入口バルブ閉止せ ずにポンプケーシ ングの開放ミス一 高温油のため閉 止不可	ヒューマンエラー 詳細 ・補修工事開始前の工事内容確認未 実施、思い込みでのバルブ確認未実 施/工事に対する基本事項の不遵 守、慣れ、(2部門間の連絡ミス)	協力会社との連携、確認 不足	緊急時に操作出来るバル ブの設置なし		日本
	22	PEC-SAFER 00250 (2006/4/21)	芳香族抽出装置の配 管の熱電対取付け部 から漏洩し火災	ヒューマンエラー系 熱電対取付け部 からの漏洩ミス	ヒューマンエラー 詳細 ・取付け工事時の確認ミス(配管部門 と計装部門との連絡不足)	配管取付け工事計画ミス (協力会社含む)	人間一装置		フランス
	23	PEC-SAFER 00124 (1994/10/9)	油槽所で配管工事中 ガンリングが漏洩しタン ク火災	ヒューマンエラー系 タンク示バルブ開 放でガンリング漏洩 火災	ヒューマンエラー 詳細 ・工事担当と運転間の連絡ミス(未接 続配管フランジ部より漏洩)	工事に対する総合的な安 全対策の不備			日本
	24	PEC-SAFER 00308 (1985/12/21)	石油製品の貯蔵所の 大規模な爆発火災	ヒューマンエラー系 タンク液面管理不 履行、配置ミス	ヒューマンエラー 詳細 ・2名の作業員荷卸しタンクからのオー バーフロー確認不足(大量の危険物取 扱の認識不足、慣れ)	基本的な安全教育不備	タンクの過充填防止シ ステム		イタリア

原因体系	No	事例 IDNo	タイトル	ヒューマンエラー系	ヒューマンエラー 詳細	ソフト系	ハード系	2次的要因要因	国名
人間一装置	25	失敗知識DB (1998/12/11)	トリメチルインジウム の小分け作業中の空 気の混入による爆発	ヒューマンエラー系 バルブ開閉のミス (空気接触の自然 発火)	ヒューマンエラー 詳細 ・物性に応じたバルブ開閉ミス、引継ぎ 時の伝達ミス(装置を知っている思い 込み)	引継書の不備	装置の不備:逆止弁の二 重化など	人間一化学物質	日本

26	失敗知識DB (1998/3/6)	融解のため温蔵庫で 加熱中のドラム缶に 入ったアクリル酸の爆 発	スチーム配管上に アクリル酸ドラム 接触ミス	・加熱用のスチーム配管上にドラム接 触/設備ミス+作業ミス(無知?軽 視?)	安全教育の不徹底	物性を把握・軽視した設 備ミス	人間-化学物質	日本
27	失敗知識DB (1985/1/1)	エポキシ樹脂製造に おけるエピクロルヒドリン とジメチルホルホキ シド共存系の爆発	化学物性把握不 足/安全弁作業 に関連したミス	・蒸留操作の化学物質の基本的事項 の把握ミス	化学物質などの教育不足		人間-化学物質	日本
28	失敗知識DB (1977/4/19)	農薬中間体製造工程 における不適切な温 度管理によるDMTP の爆発	温度計管理ミス	・運転員のミス?(厳しいが、監視ミス)	温度管理の不備	温度計の設備ミス		日本
29	失敗知識DB (1970/4/14)	5-t-ブチルメタキシレ ンのニトロ化反応中の 攪拌機の再起動によ る爆発	攪拌停止状態の 滴下ミス	・反応中の攪拌確認は最低限のこと< 作業マンネリ、慣れ、怠慢>	基本的な安全教育の不 備、不徹底	緊急時対応設備配慮なし	人間-化学物質	日本
30	失敗知識DB (1965/12/3)	フェノール樹脂反応釜 の異常反応による破 裂	攪拌停止状態の 加熱ミス	・反応中の攪拌確認は最低限のこと< 作業マンネリ、慣れ、怠慢>	基本的な安全教育の不 備、不徹底	緊急時対応設備配慮なし	人間-化学物質	日本
31	失敗知識DB (1956/1/27)	反応缶の加熱水蒸気 を完全閉止できないで 缶内圧力が上昇したこ とによる漏洩、爆発	バルブ不完全閉止 ミス	・バルブ閉止ミス、確認不足ミス	反応操作教育不足	コンデンサーサイズ、防爆 などの設備設計不足ミス		日本
32	PEC-SAFER 00238 (1990/11/29)	プラントからの緊急脱 圧によるフレアライン の脱落	ドレンライン閉塞 時の作業手順の 不順守	・手順の順守は基本中の基本(省略行 為なのか、教育不足なのか?)		フレアラインからの液体除 去の設備の改善		イギリス
33	PEC-SAFER 00040 (1995/5/11)	重質油水添脱硫装置 停止作業中の熱交換 器と配管接続部から の重油漏洩火災	高温循環ライン> 重油受入量増加 >フランジ面から 漏えい>操作基準 のルール無視	・基本手順での停止操作不順守/思 い込み、勘違い、作業短縮、省略	手順書類の不備			日本
34	PEC-SAFER 00316 (2007/8/22)	重油漏洩による火災	ポンプ切り替え時 のキャビテーション による送液停止	・キャビテーションを起こす様な操作ミ ス	操作訓練、教育の不備	キャビテーション予防のス ロップライン変更		日本
35	PEC-SAFER 00051 (1997/8/11)	常圧蒸留装置の流量 計を点検中残渣油が 漏洩し火災	二重バルブの同時 開放ミス	・洗浄手順の不遵守	安全教育の不徹底	プラグとダブルバルブの 設計不備		日本

36	PEC-SAFER 00301 (1988/12/25)	蒸留残渣油を受入れ中にタンクの側板が破壊	過充填によるタンク側板破断、漏えい	・運転の監視ミス、タンク受入れ計画策定のミス	・タンク事故履歴と使用計画策定の管理ミス	？事故の屋根板は取り替えたが、側板の検証がおよび検討不足	フランス
37	PEC-SAFER 00406 (2002/8/19)	流動接触分解装置分離塔液面計ドレン抜き作業での可燃性物質の漏洩・火災	操作機器の間違えミス	・操作内容確認不足、コントロールルームとの情報伝達不十分	作業基準不十分、教育不十分	人間－人間	デンマーク
38	PEC-SAFER 00210 (1997/1/21)	水素化分解装置反応塔出口の配管破裂によるガス漏洩爆発	ホットスポットで制限温度超過しての対応未実施ミス	・作業管理の逸脱に日常化、	危険操作と言う教育不足、手順不備	ルール不遵守	アメリカ

原因体系	No	事例 IDNo	タイトル	ヒューマンエラー系	ヒューマンエラー 詳細	ソフト系	ハード系	2次的原因要因	国名
人間－化学物質	39	失敗知識DB (1998/3/6)	融解のため温蔵庫で加熱中のドラム缶に入ったアクリル酸の爆発	ヒューマンエラー系 スチーム配管上にアクリル酸ドラム接触ミス	・加熱用のスチーム配管上にドラム接触／設備ミス＋作業ミス(無知？軽視？)	安全教育の不徹底	物性を把握・軽視した設備ミス	人間－装置	日本
	40	失敗知識DB (1985/1/1)	エポキシ樹脂製造におけるエピクロロヒドリンとジメチルスルホキシド共存系の爆発	ヒューマンエラー系 化学物性把握不足／安全弁作業に関連したミス	・蒸留操作の化学物質に対する基本的事項把握ミス	化学物質などの教育不足		人間－装置	日本
	41	失敗知識DB (1983/5/22)	クロホルム製造装置の反応塔内における異常反応による塩化水素ガスの漏洩	ヒューマンエラー系 緊急時、反応コントロールミス＜塩素ガス＞	・緊急時対応ミス(対応に気を取られたことのミス)交代引継ぎ不足？	緊急時対応訓練不十分	設備の不備		日本
	42	失敗知識DB (1970/8/30)	トルエンのスルホン化反応の攪拌再開で爆発	ヒューマンエラー系 攪拌停止再開時の判断ミス	・反応状況の確認なし＞攪拌停止⇒攪拌再開ミス	作業標準の教育不備	攪拌停止の警報等の設備対応不足	人間－装置	日本
	43	失敗知識DB (1970/4/14)	5-t-ブチルメタキシレンのニトロ化反応中の攪拌機の再起動による爆発	ヒューマンエラー系 攪拌停止状態の滴下ミス	・反応中の攪拌確認は最低限のこと＜作業マンネリ、慣れ、怠慢＞	基本的な安全教育の不備、不徹底	緊急時対応設備配慮なし	人間－装置	日本
	44	失敗知識DB (1965/12/3)	フェノール樹脂反応釜の異常反応による破裂	ヒューマンエラー系 攪拌停止状態の加熱ミス	・反応中の攪拌確認は最低限のこと＜作業マンネリ、慣れ、怠慢＞	基本的な安全教育の不備、不徹底	緊急時対応設備配慮なし	人間－装置	日本
	45	RISCAD 03060 (1981/2/24)	アクリル酸モノマー加熱中における重合反応による容器破壊事故	ヒューマンエラー系 作業手順逸脱(変更)作業のなれ(指示無視)	①作業手順の逸脱:変更 ②慣れ⇒無	物性のリスク評価不足 利益優先	設備の検討不足		日本

46	RISCAD 06555 (2005/5/11)	誤判断 (温度管理不足)	①試薬(薬品)は “生もの(活性)”と 言う認識不足 ②現場監視はモニ ターだけではダメ	・促進剤追加の評価不足 (反応促進剤の経時劣化)	化学反応メカニズムの教 育不備	組織—化学物質	日本
----	-----------------------------	-----------------	--	-----------------------------	--------------------	---------	----

原因体系	No	事例 IDNo	タイトル	ヒューマンエラー系	ヒューマンエラー 詳細	ソフト系	ハード系	2次的原因要因	国名
ルール不遵守	47	RISCAD 06165 (2003/4/11)	煙火製造工場の配合 所で火薬の調合中に 爆発	ヒューマンエラー系 多忙→ルール無 視	・多忙⇒ルール無視(危険物を危険と 思わなくなる)	許可量超過(法令軽視)		社会—組織	日本
	48	RISCAD 07275 (1986/5/17)	LPガス充填所でガス 容器が過充填で破裂	作業監視不足	①事故の原因となった“過充填”は、離 場によるもの・・・危険物の充填という 重要な作業の認識不足 ②過充填後の対応で、液状LPガスの 放出(日常的な対応) ・危険物の取扱いの日常化/慣れ/危 険物管理に対する無知	①作業手順の不備(確認 不足) ②知識不足(マニュアル不 備)		人間—化学物質	日本
	49	PEC-SAFER 00382 (1992/11/7)	ベンゼンタンクサンプ リング作業でのバルブ 閉め忘れによるベンゼ ンの漏洩	運転手順の不順 遵守	・サンプリング箇所の勝手な変更	管理監督の不十分、安全 教育不足	サンプリング箇所の不都 合(運転員の意見?)		イギリス
	50	PEC-SAFER 00062 (1987/6/24)	ローリー出荷設備のマ イクロファイルターよりド レン切り中の火災	静電気安全対策 の未実施/無 知?無視?	・ドレン作業(週1回作業)で受けペー ル缶接地なしの感覚(2名作業)/静 電気安全・軽視	静電気対策マニュアルの 不備	受けペール缶のボンディ ング未実施		日本
	51	PEC-SAFER 00148 (1987/6/11)	原油タンク内部スラッ ジ清掃中喫煙により火 災	危険物取扱時の 喫煙	・危険物タンク内での喫煙/日常化、 慣れ(協力会社社員)	管理、監視の不徹底/協 力会社への教育不備	排気等の設備設置なし	人間—組織	イギリス
	52	PEC-SAFER 00140 (1992/9/13)	重油タンクの外側配管 サポート溶断工事中 にタンク内爆発・火災	グラインダー作業 ⇒溶断作業する無 神経	・作業時間短縮するためのルール(基 準)無視	スラッジ(可燃物)に対す る認識不足	火気使用時の危険物除 去、換気の不備		日本
	53	PEC-SAFER 00020 (1986/1/21)	接触改質装置加熱炉 スタート作業時の燃料 ガス漏れ込みによる 炉内爆発	作業基準不遵守	・安易な操作、ルーズな作業(マンネリ 化)	操作手順教育不足(何故 の教育不足)			日本

54	PEC-SAFER 00344 (1995/9/9)	装置のシャットダウン 中、流動接触分解装 置のガンリンMercox部 門で火災が発生	洗浄用消火栓へ の逆流	作業手順の不遵守	消火栓使用時の新たな手 順不備	人間一装置	ベルギー
----	----------------------------------	---	----------------	----------	--------------------	-------	------

原因体系	No	事例 IDNo	タイトル	ヒューマンエラー系	ヒューマンエラー 詳細	ソフト系	ハード系	2次的原因要因	国名
社会一組織	55	RISCAD 06165 (2003/4/11)	煙火製造工場の配合 所で火災の調査中に 爆発	多忙→ルール無 視	・多忙⇒ルール無視(危険物を危険と 思わなくなる)	許可量超過(法令軽視)		ルール不遵守	日本
	56	RISCAD 07031 (1999/2/19)	米国・ヒドロキシアミン 製造工場で爆発	①危険情報の収 集/認識不足 ② 増産時は非正常 状態との認識の不 足	①危険情報の収集/認識不足 ②増産時は非正常状態との認識の不 足 * 増産体制+生産優先の社風・風 潮? (利益優先)	・鉄イオンへの危険認識 不足 ・増員:教育不備	プラント設計(デッドストッ ク:Feイオン)ルーズ	組織一装置 人間一化学物質 人間一組織	アメリカ
	57	PEC-SAFER 00290 (1988/7/6)	パイパー・アルファ・ブ ラットホームの火災	予備ポンプの修理 を引継がれていない ので、使用したミス	・移送ポンプが故障したので予備ポン プ(修理中、安全弁取外し遮蔽板の仮 止め中)を使用したミス:予備ポンプ使 用前安全確認の省略と連絡ミス	メンテナンスに関する引 継ぎ不備	第三機関の監査指摘事 項の未対応、モジュール 間の防火壁の耐爆設計	人間一人間 人間一組織	アメリカ

* 事例の原因体系で、特に2次的原因要因の中で、重複度の高い事例について選択し、太文字表示した。

厚生労働科学研究費補助金 (労働安全衛生総合研究事業)
分担研究報告書

労働災害の発生抑制を目指した、経済学 (ゲーム理論) に基づくヒューマンエラー
発生確率の定量化手法の開発とそのリスクアセスメントへの導入
(H22-労働-若手-007)

研究分担者

熊崎美枝子：横浜国立大学大学院環境情報研究院

研究要旨

一般に、企業の経済的インセンティブはその組織に属して (あるいは組織と契約して) 働く労働者の安全確保と相反する場合が多い。企業による利益の追求とコンフリクトを生じやすい労働安全衛生においては、労働者の安全確保のため、法律による規制は重要なインセンティブとなりうる。本研究では、各国 (アメリカ、イギリス、中国、タイ、台湾、ブラジル、ベトナム、インド) の法律による規制が安全向上・リスク低減にどう取り組んできたかを検討した。いわゆる発展途上国においては、法制度については ILO や先進国から導入することは可能であるが、その実行において困難が伴っていることが明らかとなった。stake holder とも呼ばれる関係者の意識の低さが原因のひとつであり、それは informal sector へ政府のサービスが届かない原因ともなっている。システムの実行に必要な安全衛生の専門家の人数や専門性も重要な課題である。調査した中ではタイ、ブラジルにおいて古くからある労働災害が撲滅される前に、新しいタイプの労働災害 (アスベスト等のほか、ストレス性の問題) が表れてきている点が見られた。急速な発展に伴い、各国においては労働安全衛生の問題も迅速に解決する必要があると考えられる。

A 研究目的

労働災害による死傷者数の減少に貢献するため、本プロジェクトでは経済学における最重要概念である「インセンティブ」の考え方を理論的基礎としている。インセンティブとは人々の意志決定や行動に影響を与える誘因であるが、組織の経済的インセンティブはその組織に属して働く労働者あるいは組織と契約して働く労働者の安全確保と相反する場合が多いと考えられている。

企業による利益の追求とコンフリクトを生じやすい労働安全衛生においては、労働者の安全確保のため、法律による規定は重要なインセンティブとなりうる。

多くの国家では労働安全にかかわる法律制度によって労働者の安全確保を目指しており、本研究では、各国の法律による規制が安全向上・リスク低減にどう取り組んできたかを検討する。

B 研究方法

対象となる国は、『日本の石油化学工業 2010 年版』（重化学工業通信社）にて、日本の石油化学企業の海外事業所を調査した上で、対象国・地域を以下のように選んだ。

アメリカ（14%）、EU 圏（9%）、中国（24%）、タイ（11%）、台湾（6%）

また、今後日本との関係が強化される可能性のある国としてブラジル、ベトナム、インドを加え、インターネット等で提供されている各国の法規制状況や労働安全衛生に関する情報収集を行った。また、同一の検討がしやすいことから国際労働機関（ILO）の条約（Convention）批准の状況についても検討した。

C 現在の調査状況

対象とする範囲が広範であるため、現在の調査状況について報告する。

ILO Convention を批准した加盟国は、当該 Convention 実効化するための措置（法整備など）を各国にてそれぞれ行うことになっている。現在 ILO の Convention は 188 あり、中でも労働者の安全衛生確保に関して影響を強く与えられとされる Convention C155 と C81 の批准状況については、以下のようにになっている¹。（EU 圏として今回はイギリスを選んだ）

国名	C81	C155
アメリカ		国内法
イギリス	1949	国内法
中国	検討中	2007
タイ		準備中
台湾	非加盟	非加盟
ブラジル	1989	1992
ベトナム	1994	1994
インド	1949	準備中
日本	1953	国内法

C155 については批准していない国でも態度に違いがあり、既存の国内法を用いるとしている国と現在批准の準備中としている国がある。アメリカが C81 を批准できない理由として二つの組織（連邦政府と各州政府）の管轄に入ってしまうためとの報告がある。タイについては現在情報が得られていない。

日本、アメリカ、英国、台湾を除いた国の状況は以下の通りである。

¹ C81 Labour Inspection Convention, 1947（労働査察）、C155 Occupational Safety and Health Convention, 1981（労働安全衛生）

[中国]

労働人口は 7.7 億人で、15%程度が登録されている大企業にて勤務、85%が小企業か informal sector (経済活動において監督・統計の対象外にある企業や労働者) に属している。経済発展に伴い農民が都市に流入しているが、彼らは労働災害に対して無頓着であるため、産業災害と疾病を防ぐのは難しい状況との報告がある。1978 年の改革開放路線を採って以来法制度に関しても急速な発展をしているが、1995 年時点では当時の労働法には労働安全衛生に関する条文が 6 条しか割かれておらず、「安全生産法」「労働保護法」の制定が急がれていた。現在安全にかかわる法律としては、2005 年に制定された「中华人民共和国安全生産法」ほか「中华人民共和国消防法」、大事故の防止のための「国务院关于特大安全事故行政责任追究的规定」等がある。

労働安全を担っているのは主に Department of Health, Department of Work Safety(State Council 直轄)の 2 つの機関である²。

[タイ]

0.65 億人の人口で、労働人口は 56%。うち 99%が労働者で農業・非農業が半々である。

労働安全に関わる機関は The Ministry of Labour の他、The ministry of Industry がリスクアセスメントと化学物質の事故防止のための管理について取り組んでいる。そのほか公衆衛生の観点から The Ministry of Public Health も国家プロジェクトとして労働安全衛生に取り組んでいる。

古くからの中毒のほか、近年はストレス等による問題が顕在化している。現在タイ政府は政策として人員削減しており、退職した人員を埋められないので、将来的には非政府組織が安全衛生の主要な担い手になると予想されている。労働者と経営者による自主的な運動のほか、大学等の学術組織にもその支援が期待されている。

[ベトナム]

労働者人口は 約 0.44 億であり、半分が農業、林業、漁業に従事している。第二次・三次産業のうち 14%が製造業、5%が建築業に従事している。失業率は 5%である。

労働安全を担う組織には The Ministry of Health (MOH)は衛生査察、The Ministry of Labour, Invalid and Social Affairs(MOLISA)がある。かつてはそれぞれ査察の内容が異なっていたが、現在は MOLISA が責任を負う中で共同で行っている。

法律は整備されているが法律を遵守している企業はいまだ多くない。労働組合の役割は大きく、法律作成を含む労働安全衛生活動に労働組合はコミットしている。

[ブラジル]

² “OSH&Development” No. 10, April 2010, p16

国土がブラジルは社会的、文化的、地理的、そして経済的にも多様な国家である。人口1.9億人程度のうち経済活動を行っているのは約半数、さらにそのうちほぼ半数が雇用されている。約0.17億人が自営業者であり、0.05億人が軍人あるいは公務員である。Informal sectorに属する労働者は全労働者の約半数であり、労働安全衛生に取り組む上で重要な課題となっている。ブラジルにおいてはMinistry of Labourの他、Ministry of Social Security、National Institute of Social Insuranceが労働安全衛生を担っている。労働組合もまた比較的強いようである。

[インド]

基本的に統計が全く信用ならないが、推計によれば2009年の人口は11.57億人でうち労働者は4.67億人であり、その90%以上がinformal sectorに属している。

労働災害と疾病の統計は正確からは程遠く全体の5%の労働者しか統計対象にできていない。正規雇用者に対しては労働者の安全確保のためのシステムが機能しているが、informal sectorでは機能していない。この理由は関係者の無関心や高い失業率が関連しているとの分析がある。また、大きな課題として2006年現在、国中でSafety Officersが1900人、工場査察官が1100人、医療査察官が15人とごくわずかな点が上げられる。

労働安全を所掌するMinistry of Labourの下、各部局で産業ごとに労働安全衛生に取り組んでいるが、安全衛生専門に取り組んでいる組織はなく、また全てのセクターをカバーすることはできていない。

2009年にNational Policy on Safety, Health and Environment at Workplaceが認められた。そのPolicyでは全ての関係者が労働現場において安全文化や安全な環境をすべての労働現場で醸成するためのガイドラインを示し、インド政府が労働者の安全確保のために積極的に取り組む姿勢を見せている。

D まとめ

現在はまだ情報収集・調査段階であるため包括的な結果について述べることは出来ないが、今回調査した範囲でまとめると、いわゆる発展途上国においては、法制度についてはILOやほか先進国から導入することは可能である。しかし、その実行において困難が伴っている。stake holderとも呼ばれる関係者の意識の低さが原因のひとつであり、それはまたinformal sectorへ政府のサービスが届かない原因ともなっている。またシステムの実行に必要な安全衛生の専門家の人数や専門性も重要な課題である。調査した中ではタイ、ブラジルにおいて古くからある労働災害が撲滅される前に、新しいタイプの労働災害（アスベスト等のほか、ストレス性の問題）が表れてきている点が見られた。急速な発展に伴い、各国においては労働安全衛生の問題も迅速に解決する必要があると考えられる。

注) 健康危険情報、知的財産権の出願・登録状況については関連事項がないため省略した。

研究成果の刊行に関する一覧表

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
牧野良次	非正規雇用者は正規雇用者より労災に遭いやすいか？—企業マイクロデータを使った統計解析—	第43回安全工学研究発表会講演予稿集		71-74	2010

非正規雇用者は正規雇用者より労災に遭いやすいか？

—企業マイクロデータを使った統計解析—

(独) 産業技術総合研究所 安全科学研究部門

牧野良次

Do temporary workers have more occupational accidents than permanent workers?

Ryoji Makino

Research Institute of Science for Safety and Sustainability, AIST

キーワード：労働災害，非正規雇用，事故傾性

Keywords：Occupational accidents, Temporary workers, Accident proneness

1. はじめに

企業の組織設計は当該企業における労働災害の発生に影響を与えると考えられる。本研究は組織設計としての雇用戦略，具体的には企業が従業員を正規雇用者・非正規雇用のどちらで雇用するか注目した。非正規雇用者は短期間で辞職する等の理由から安全への配慮が低なる「インセンティブ（誘因）」が生じ，雇用主側にも同様の理由で非正規雇用者への教育に時間や資金を割かないインセンティブが生じると考えられる。このことから，労働経済学的に非正規雇用者は正規雇用者よりも被災確率が高いことが予測される（以降，これを「雇用契効果」という）。そこで本研究では，企業マイクロデータを用いた統計解析により，従業員に占める非正規雇用者割合が高い企業ほど労働災害の発生が多いという仮説を検証する。

2. 統計モデル

本研究で推定するモデルを以下に示す。

$$\text{労働災害度数率}_i = f(\text{非正規雇用者割合}_i; \theta_i) + u_i$$

ここで i は企業のインデックス， θ_i は企業 i の労働災害度数率に影響を与えるその他の変数（節で説明する）， u_i は誤差項である。

上式の推定においては「セレクション・バイアス」が存在するか否かが問題となる。セレクション・バイアスとは，もともと事故を起こしやすいタイプの人物（これを「事故傾性が高い」という）が非正規雇用者として雇用される傾向のことをいう（Guadalupe, 2003）。仮にセレクション・バイアスが存在する場合，それを除去せずに推定を行うと以下のような問題が生じる。すなわち，労働災害度数率と非正規雇用者割合の相関が検出されたとしても，その関係が第節で述べた雇用契効果によるものか，それとも単に非正規雇用者の事故傾性が高いことを映しているだけなのか，統計的に区別することができないという問題である。

そこで本研究では，正規雇用者と非正規雇用者との間で事故傾性に差異があるかどうかを討するため，インターネットアンケートを実施した。

3. データ

3.1 インターネットアンケート調査

2010年2月18～22日、web上でインターネットアンケートを実施した。回答者数は2,958人（性別内訳＝男性1,446人、女性1,512人；雇用種別内訳＝正規雇用1,506人、非正規雇用1,452人）、回答率は56.8%であった。

アンケートでは性別、年齢、職業等の質問事項に加え、「認知ミス質問票（CFQ: Cognitive Failures Questionnaire）による調査を実施した。この質問票は、「家の中で、ある場所から別の場所へ移動したとき、何のために移動したのかを忘れてしまっている」といった30項目の質問について、回答者に「非常によくある（=1）」、「よくある（=2）」、「ときどきある（=3）」、「ほとんどない（=4）」、「まったくない（=5）」から最も良くあてはまるものを選択してもらうものである。スコアの合計値（最小30点、最大150点）が低いほど事故傾性が高く、高いほど事故傾性が低いと判断する（Broadbent, et al., 1982; Wallace, et al., 2002）。

さらにアンケートでは、最近5年間における労働災害および（通勤以外での）交通事故の被災回数についても質問した。

3.2 東洋経済 CSR データ総覧

企業レベルデータは東洋経済 CSR データ総覧から取得した。データは2008年の横断面データであり、サンプル数は387社（上場企業）である。取得したデータは労働災害度数率、全従業員に占める非正規雇用者の割合、全従業員に占める性別年齢別構成比率、従業員平均年齢、従業員平均勤続年数、月平均残業時間である。

4. 結果

4.1 CFQ スコア

労働災害について最近5年間で被災経験のある群（248人）の平均CFQスコアは87.9、経験のない群（2,710人）の平均CFQスコアは93.4であり、両者の差は統計的に有意であった（有意水準5%、以下同じ）。交通事故について最近5年間で経験のある群（375人）の平均CFQスコアは89.2、経験のない群（2,583人）の平均CFQスコアは93.2であり、両者の差は統計的に有意であった。これらのことから、

CFQスコアは事故傾性の指標として利用可能であるとの先行研究の結果を確認した（図1）。

次に、正規雇用者と非正規雇用者との間で平均CFQスコアを比較した。性別および年齢別の影響を考慮するため、35歳未満の男性（第1群、正規248人、非正規240人）、35～54歳の男性（第2群、正規480人、非正規357人）、55歳以上の男性（第3群、正規76人、非正規45人）、35歳未満の女性（第4群、正規246人、非正規256人）、35～54歳の女性（第5群、正規

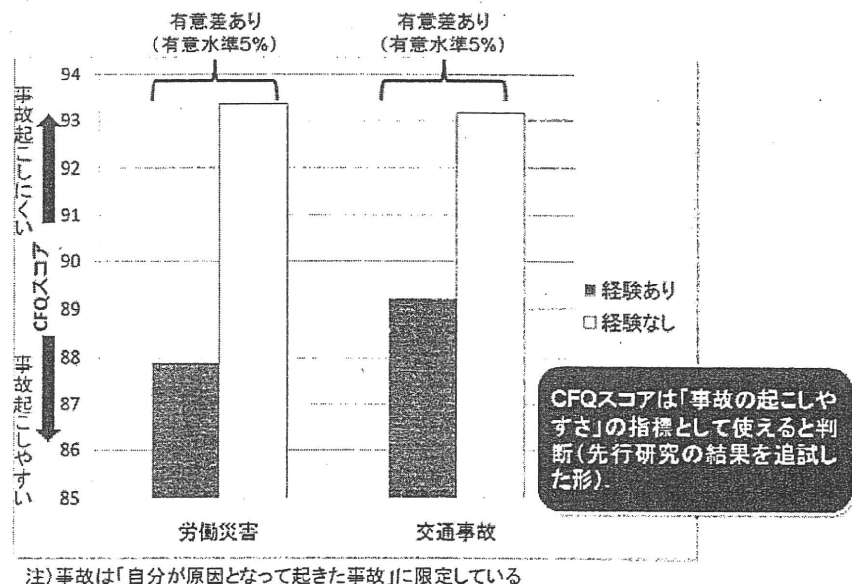
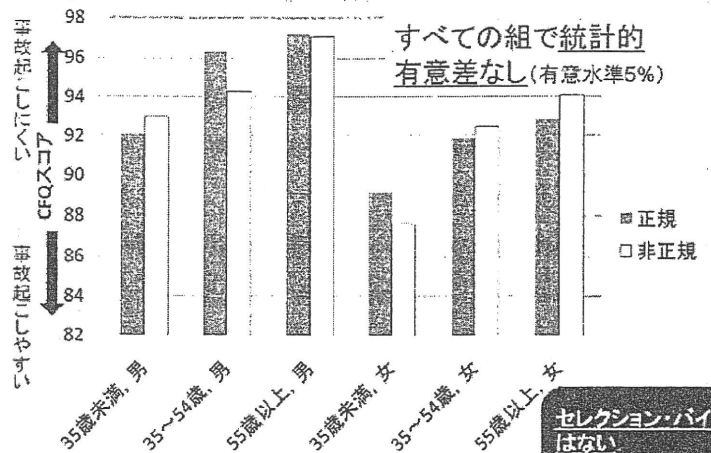


図1 事故経験者および非経験者のCFQスコアの比較

412人、非正規479人)、55歳以上の女性(第6群、正規44人、非正規75人)の各群に分けて分析を行った。第1群から第6群について正規および非正規雇用の平均CFQスコアはそれぞれ(92.1, 93.0), (96.4, 94.3), (97.2, 97.1), (89.2, 87.6), (91.9, 92.5), (92.9, 94.1)であった。すべての群について正規雇用者と非正規雇用者の平均CFQスコアに統計的有意差はなかった(図2)。これはアンケート回答者となった正規雇用者と非正規雇用者については事傾性に差がなかったことを意味する。この結果を根拠に、第2節に示した統計モデルを推定するにあたってセレクション・バイアスを考慮する必要はないと判断した。ただし、図2からかなように(1)男性は女性よりCFQスコアが高い(事故傾性が低い)傾向、(2)年齢が上がるにつれてCFQスコアが高くなる(事故傾性が低い)傾向が観察される。そこで、統計モデルを推定するには、企業*i*の従業員の事故傾性を定量化する指標として、全従業員に占め性別年齢別構成比率を用いることとした。



- ・ 男性は女性よりCFQスコアが高い(事故傾性が低い)傾向
- ・ 年齢が上がるにつれてCFQスコアが高くなる傾向

4.2 企業データを用いた統計解析

$$\begin{aligned} \text{労働災害度数率}_i = & \alpha + \beta_1 \cdot \text{非正規雇用者割合}_i + \beta_2 \cdot \text{平均年齢}_i + \beta_3 \cdot \text{平均勤続年数}_i + \beta_4 \cdot \text{月平均残業時間}_i \\ & + \sum_{j=1, \dots, m} \gamma_j \cdot \text{性別・年齢別構成比率}_{ij} + \sum_{k=1, \dots, n} \delta_k \cdot \text{産業ダミー}_{ik} + \text{誤差項}_i \end{aligned}$$

- ・ データ出典: 東洋経済CSR企業総覧
- ・ データ期間: 2008年クロスセクション
- ・ 企業数: 上場企業387社
- ・ 統計モデル: 切断回帰(Tobit)モデル
- ・ 推定方法: 最尤法

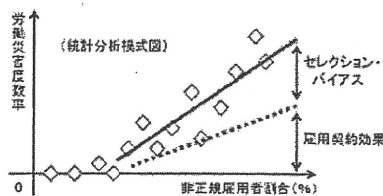


図3 企業データを用いた統計解析の概要

年齢別構成比率は従業員の事故傾性を定量化した指標と解釈できる。

サンプルである上場企業387社の中には労働災害度数率が0である企業も存在する。被説明変数は0以上の正数をとる(0で切断された)データであるため線形モデルを適用すること適切でない(理論値としてマイナスの労働災害度数率が得られることを排除できない)。そこで統計モデルとして切断回帰モデルを採用し、最尤法による推定を行った。

図4に推定結果を示す。主たる説明変数である非正規雇用者割合の係数は(図4では「非正規雇用者が10%増えると」と表示)、従業員の事故傾性をコントロールした上で統計的に正有意であった。これは雇用契約効果が存在することを示唆している。

図3に企業データを用いた統計解析の概要を示す。統計モデルの被説明変数は労働災害度数率、主たる説明変数は従業員に占める非正規雇用者割合である。図3に示したように、この変数の係数が正数で有意であれば、雇用契約効果の存在が示唆される。

労働災害度数率に影響を及ぼすとえられる平均年齢、平均勤続年数、平均残業時間、従業員に占める性別年齢別構成比率をコントロール変数として加えた。特に従業員に占める性別