

3.3 インタビューの結果

企業にとって重要な情報を把握した。システムの基本理念を維持する上で不可欠な要件を下記に示す。

- 安全性重視
- 顧客ニーズへのフィードバック
- 社員の自覚
- マニュアル化

システムにおける 1. 調整、2. インセンティブ、3. 組織構造、4. 機能、5. 文化に関する問題点を下記に示す。

1. 調整に関する下記の問題点を把握した。

- HACCP (衛生管理のための手法) システム運用の不備
- 異物混入防止、味を一定に保持
- 部門間を結びつける手段として、口頭のみでの連絡
- 代表者間で月 1 回の製造会議、5S (整理、整頓、清掃、清潔、習慣づけ) 委員会

2. インセンティブに関する下記の問題点を把握した。

- 従業員に衛生面に対する責任を持たせることによるモチベーション向上
- 従業員に対する不明確な業績尺度

3. 組織構造について下記の問題点を把握した。

- 機能別組織
- 横のつながりは各部署の代表者のみ
- A 部署と B 部署は相互依存性が強い
- A, B 部署が販売部署から生産量の要望を聞き、代表者間で話し合い、製造部長が意思決定する
- 明確な基準による評価制度はない

4. 機能について下記の問題点を把握した。

- 朝礼での情報共有
- 電話、口頭、ホワイトボードによりグループ内の行動調整
- 上層から下層への不明確な連絡網
- 手作業の標準化が困難
- 上司と部下との間で口頭により、機能が長期間持続し、組織に普及するプロセス

5. 文化について下記の問題点を把握した。

- 伝統的な味を世に伝えていくという菓子文化
- 品質を維持する習慣をもつ文化
- 部門間の協力を奨励する文化

企業におけるアーキテクチャー、ルーチン、カルチャーに関する問題点を把握した。大きな問題として、安全文化についてあまり言及されていないことが挙げられる。

アーキテクチャー、ルーチン、カルチャーの分析結果

システムにおけるアーキテクチャー、ルーチン、カルチャーという要因は、相互に強く関連していた。コーディネーションとインセンティブに関する問題点を抽出し、アーキテクチャー、ルーチンとカルチャーが有効に働いたら 1、有効に働かないまたはどちらでもないなら 0 をつけた。そして、1 の個数を集計し、それらの合計をフィッシャーの直接法により検定した。

インタビューと観察(ワークサンプリング)の結果より、システムコンセプトの未達成が把握された。さらに、観察結果より、経営上の問題による工場内レイアウトの欠陥が顕著にみられた。そして、運用的側面の問題点として、①文化的インセンティブの欠如、②不十分な横のつながりが示唆された。

これらの問題に対し、システム運用的側面の支援としてモチベーションマネジメントの見直しと安全衛生文化構築を改善提案した。さらに、システムは従業員のモチベーションを向上させつつ、安全衛生文化の構築を図ることをコンセプトとした。

4. 考察

システムの分析結果は以下のように要約することができる。

- 1)システム内の情報循環に支障をきたすおそれがある。
- 2)システムコンセプトを明確化し、達成する必要がある。
- 3)コンポーネントを活性化させるためモチベーションマネジメントを見直すことが望まれる。
- 4)上記の内容をふまえた改善策として安全衛生文化構築を実行すべきである。

アンケート調査結果より、

- 低いモチベータから順番に、自己表現、期待・評価、職務管理、環境整備、環境適応、適職、業務遂行、プライベート、人間関係でランク付けされる。
- 評価制度がインセンティブとしてあまり機能していない。
- 承認・尊厳欲求充足から自己実現欲求充足の流れを満たされていない。

以上の3点から製造部長と従業員との認識の不一致がみうけられる。つまり、製造部長と部下とのモチベーションの認識に違いがあると考えられる。さらに、下記の4項目がシステム改善のために必要な事項であると判断した(図4~7)。

- 評価基準の明確化
- 規則や役割の明確化
- 横のつながりの強化
- 強い文化の構築

今後以上の点に考慮しシステムの最適化はかるべきである。

さらに本研究でシステムの運用的側面を構築するための基本事項として以下の2点が重

要であることを示唆する。

- 強い文化を構築
- 横のつながりを強化

安全性について情報を伝えることを重要視し、強い文化を構築させインセンティブとして機能させる。また、それが難しい場合でも、横のつながりの仕組みを強化すれば、情報の流れをよくすることが可能であると考ええる。

製造部長との協議の結果より、システムの運用的側面を支援するために必要となる各モチベーションに対する具体的な要求事項を下記に示す。

- 職務管理

1. 部署内で高い業績をあげている人の「自己表現」方法やその成果を直接、インタビューし、その情報を部署全体に伝える。
2. 手本を目に見える形で示す。「こうするとよい」という行動パターンを明確に示して見せて、「こうすると、こんな効果がある」といった行動の結果をセットにして提示する。たとえば、製造場で上司がこういう作業を行っていたという「行動パターン」と、その結果として製品の完成度という「行動の結果」の2つについて話し合う。

- 適職

1. 気が楽に持てるように原因を解釈させる。部下が持ちこたえられる水準の失敗やショックに対して、失敗の原因を努力やその計画に求めることで、状況そのものを直接的にコントロールし、そこにある問題を打破・改善させる。それに対し、過酷な状況では、運が悪く考えさせることで、意識的・戦略的に大きな心理的ダメージから身を守り、ストレスや不安をコントロールして心理的な安定を図らせる。
2. おもしろみを発見させる。「何か新しく挑戦してみたいことや改善したいと思うアイデアがあれば、いつでも私に提案しなさい。ちゃんと君のことを見ているから。何かあったら、いっしょに責任をとるよ。」といったメッセージを伝える。そして、部下の案による仕事に対しうまくいかないことがあれば、お互いが解決してゆくため話合う。
3. 積極的になっている部下を下手に褒めないようにする。
4. 思い込みでも、元気のいい時はそのままにする。

- 期待評価

1. 評価制度の見直しをする。

- 自己表現

1. 「こうありたいという目標(たとえば、同僚やお客様から信頼される人間でありたい)」と「こうなりたいという目標(たとえば、目標製造数を達成したい)」の両方を持たせる。
2. アイデンティティーを感じさせる。たとえば、「うちの部はこんなところなんです」

と具体的に説明できるようにさせている。そして、仲間内のミーティングや意思疎通の機会を増やすことで、さらに帰属意識を強くする。[アイデンティティを感じさせる。自身の部署について具体的に説明させる訓練をしている。たとえば、「うちの部はこんなところなのです」と言わせている。そして、仲間内のミーティングや意思疎通の機会を増やすことで、さらに帰属意識を強くする。]

3. 自己の競争優位性を意識させる。競争相手・競争機会を設定する。
- 環境整備
 1. 緊急時の正しい操作、施設への容易なアクセスと迅速な避難を確保するために、緊急時活動計画を確立する。
 2. 運搬用の通路から障害物を取り除き、通路にマークをつける。
 3. 二方向の運搬ができるよう、通路と廊下を十分な広さに保つ。
 4. 運搬用通路の表面を平らにし、滑りにくく、障害物のない状態にする。
 5. 資材を動かす必要が最小ですむよう、作業区域のレイアウトを改善する。
 6. 避難経路に標示をつけ、障害物をいつも取り除く。
 7. 機器などが問題なく作動していることを確認する。
 8. 騒音の大きい機械あるいは機械の一部は隔離するか、カバーをする。
 9. 騒音を減らすために定期的に工具と機械をメンテナンスする。
 10. 騒音がコミュニケーション、安全、作業効率の妨げにならないよう確かめる。
 11. 立位の作業者がときおり座れるように、椅子あるいはスツールを提供する。
 12. 座位の労働者には背もたれつきで座面の高さの調節可能な座り心地のよい椅子を提供する。
 13. 小さな対象と大きな対象を交互に扱って作業する労働者に高さの調整可能な作業面を提供する。
 14. 労働者が何をすべきか容易に理解できるように、表示にマークや色を使用する。
 15. ラベルと標識は、見やすく読みやすく分かりやすいものにする。
 16. 労働者が容易に正確に理解できる警告標識を使う。
 17. 機械の動く部分や、伝達装置に適切なガードをつける。
 18. しっかりとした安全防護ガードを機械につける。
 - 人間関係
 1. 5S 活動の推進に関して、人や資材が安全に動けるよう通路の境界線には印をつける。
 2. 活発な小集団活動を実施する。たとえば、同じ状況の他者との交流機会を創る。
 3. 労働者自身がワークステーションのデザイン改善に参加するようにする。
 4. そこにいてもいい仲間と思わせる。たとえば、部下やメンバーの疎外感をいち早く察知し、「おまえも自分たちと同じだ」という感覚を与えようとする。
 - 環境適応
 1. 部署・組織では、どの部分が強みで、どの部分が弱いのかということを積極的にミ

ーティングし、メンバーの合意のもとに弱点の克服に向けて対応する。

- プライベート
 1. 従業員の私生活の影響へ対応する。

- 業務遂行
 1. 報告母体へ迅速にフィードバックさせる。さらに、それらをダブルチェックし、違反罰は特定の場合に限り課す。
 2. 訓練の実施。
 - 作業担当者の HACCP に関するモニタリング訓練。
 - 労働者の訓練の場所を提供。
 - 労働者が責任を分担するよう訓練し、自分たちの仕事を改善していく手段を提供。
 - さまざまな状況を想像、代替経験、シミュレーション。
 3. 激励、賞賛、助言、コーチング
 - 社員に対してコーチとして接する。
 - 「叱られない」という安全指導不足へ対応する。
 - 個人用保護具が労働者にとって納得できるものであることを確かめる。
 - 個人用保護具を定期的に手入れし、メンテナンスできるよう支援する。
 4. フォローアップ教育の実施。
 5. モラルハザード問題に対応した処置。

5.まとめ

システムの運用的側面を分析し、改善提案した。本調査で従業員の内面(モチベーション)にも目を向けた。その結果と表面上の問題点との因果関係を把握することで、改善提案することができた。今後はシステムを最適化に向けて、上司と部下との不一致、情報のつながり、組織の圧力などの内面的な背後要因にも注目し、改善を実行することが望まれる。

補足資料 2

アンケート調査項目

- やる気: 1~5
- 適職: 6,15,24,33
- プライベート: 7,16,25,34
- 自己表現: 8,17,26,35
- 環境適応: 9,18,27,36
- 環境整備: 10,19,28,37
- 人間関係: 11,20,29,38
- 業務遂行: 12,21,30,39
- 期待・評価: 13,22,31,40
- 職務管理: 14,23,32,41

● 以下の設問は、今の気持ちや状態にどの程度近いですか。該当する番号に丸をつけてください。（「よく当てはまる」は4、「まったく当てはまらない」は1、その中間は2~3です）

	まっ たく 当て はま らな い	やや 当て はま らな い	やや 当て はま る	よく 当て はま る
1. 今の仕事を長く続けたい-----	1	2	3	4
2. 今の仕事に意欲を感じる-----	1	2	3	4
3. 今の仕事は社会的に重要な仕事である-----	1	2	3	4
4. 今の仕事は自分自身の大切な一部である-----	1	2	3	4
5. 仕事がおもしろい-----	1	2	3	4

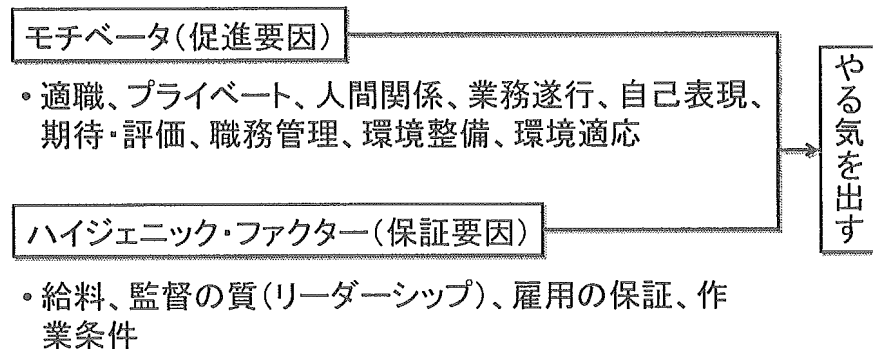
● 現在の職場及び仕事の場面を思い浮かべてください。以下の各設問について、現在のどの程度、満足していますか。もっともあてはまる番号に丸をつけてください。

	まっ たく 当て はま らな い	やや 当て はま らな い	やや 当て はま る	よく 当て はま る
6. 自分の好きな仕事をしている-----	1	2	3	4
7. 今の仕事は友人や家族に自慢できる-----	1	2	3	4
8. 仕事を通して、自分の考え方や発想を表現している-----	1	2	3	4
9. 仕事内容の変化についていけている-----	1	2	3	4

10. しっかりした業務マニュアルがある-----	1	2	3	4
11. 仕事仲間との交流を楽しめている-----	1	2	3	4
12. 仲間と気まづくなっても業務遂行を優先している----	1	2	3	4
13. 職場の上司や仲間から期待されている-----	1	2	3	4
14. 自分にとって勝手のわかっている仕事をしている-----	1	2	3	4
15. 自分に合った仕事をしている-----	1	2	3	4
16. 家族や親しい友人のために時間を割いている-----	1	2	3	4
17. 仕事の中で個性を発揮している-----	1	2	3	4
18. 自分が率先して、仕事上の障害を乗り越えている-----	1	2	3	4
19. 職場の皆が従うべきルールが明確になっている-----	1	2	3	4
20. 人間関係が円滑な職場で働いている-----	1	2	3	4
21. 勤務時間を超過しても自分の仕事をやり遂げている-----	1	2	3	4
22. 自分の仕事が周りから評価されている-----	1	2	3	4
23. 自分の経験を活かせる仕事をしている-----	1	2	3	4
24. 自分自身が納得できる仕事をしている-----	1	2	3	4
25. 家族や親しい友人が自分の仕事を理解している-----	1	2	3	4
26. 仕事の中で自分の気持ちや感じ方を主張している-----	1	2	3	4
27. 今の仕事に自分を合わせられる-----	1	2	3	4
28. 設備や立地条件等の作業環境が整った職場で働いている	1	2	3	4
29. 上司との関係が良い職場で働いている-----	1	2	3	4
30. 仕事の目標を粘り強く達成している-----	1	2	3	4
31. 上司や仲間から信頼されている-----	1	2	3	4
32. 仕事を進める上で主導権を持っている-----	1	2	3	4
33. 自分の考え方や方針に合った仕事をしている-----	1	2	3	4
34. 家族や親しい友人と仕事の話をしている-----	1	2	3	4
35. 仕事上で、自分のアイデアを提案したり、実践している----	1	2	3	4
36. 仕事でのプレッシャーを自分自身でコントロールしている--	1	2	3	4
37. 安定した組織で仕事をしている-----	1	2	3	4
38. 仲間と協調しあって仕事をしている-----	1	2	3	4
39. 周りの目を気にせず、自分の仕事を進めている-----	1	2	3	4
40. 自分に期待された成果を達成している-----	1	2	3	4
41. 自分自身で内容を深く考えられる仕事をしている-----	1	2	3	4

モチベーションの定義

やる気を引き出すには、モチベータとハイジェニック・ファクターを必要とする。



各モチベータの定義

- 職務管理
職務内容の理解度である。仕事をすすめるための主導権への志向性である。
- 適職
仕事自体が好きか、自分にとって合っているかという仕事の適性への志向性である。
- 期待・評価
周囲からの期待、信頼、評価への志向性である。
- 自己表現
自分の個性を発揮し、アイデアや発想を仕事に生かしていくことへの志向性である。
- 環境整備
仕事をすすめるうえで手順が明確であることや、職場の立地、設備など仕事環境への志向性である。
- 人間関係
職場内の上司、同僚などとの協調・交流・円滑さへの志向性である。
- 環境適応
仕事や状況の変化に自己を適応させ、困難や障害を乗り越えることへの志向性である。
- プライベート
家族や知人から仕事が理解されているか、彼らに自慢できる仕事であるか、プライベートに時間を十分費やすことができるかといったことに対する志向性である。
- 業務遂行
業務を遂行することを重視し、目標を達成していく志向性である。
*心が一定の目標に向かって働くこと。こころざし向かうこと。また、こころざし。

安全衛生文化の定義

組織の安全衛生の問題が何ものにも勝る優先度を持ち、その重要度を組織および個人がしっかりと認識し、それを起点とした思考、行動を組織と個人が恒常的にかつ自然にとることのできる行動様式の体系である。また、下記に示す4つの構成要素から成る。

安全衛生文化の構成要素

安全文化には正義の文化、学習の文化、柔軟な文化、報告の文化が互いに関係しあっている。以下にそれらの簡潔な説明と、必要事項をしめす。

- **正義の文化**：任務に関する責任の所在の明確化
正義の文化構築のための要求事項を下記に示す。
 1. 基準不明確への対応
 2. 安全作業標準の見直しとルール化
 3. 適正な作業配置の徹底
 4. 不安行動、安全規則違反の処置
 5. ルール違反に対する厳しい罰

- **学習の文化**：確実なアップデートならびに遵守
学習の文化構築のための要求事項を下記に示す。
 1. 情報の共有化
 2. 勉強会・MTG
 3. 進捗状況報告、確認の徹底
 4. 人材育成への配慮

- **柔軟な文化**：報告を受け入れる、開かれた組織の雰囲気
柔軟な文化構築のための要求事項を下記に示す。
 1. 集権化と分権化
 2. 信頼性の維持

- **報告の文化**：失敗を率直に報告できる雰囲気の醸成
報告の文化構築のための要求事項を下記に示す。
 1. 報告様式の見直し
 2. 懲戒処分に対する保護
 3. 報告を収集・分析する部門と懲戒処分や制裁を行う部門の分離
 4. 連絡網の整備

部署間の評価結果

そのまま集計すると2×5表になるが、これを2×2表に作り替えた。直接確率計算2(部署)×2(評価項目)は、 $p=0.0349$ 、 $\phi=0.632$ で有意であった。

	AB	CDE
A 部署	0	7
B 部署	4	3

ビデオ観測より、 χ^2 検定2(勤務態度)×2(勤務時間)は、 $\chi^2(1)=6.88$ 、 $p<0.01$ 、 $\phi=0.065$ で有意であった。

	午前	午後
マスク着用	698	850
マスク未着用	9	29

χ^2 検定結果

実測値	698	850	9	29
期待値	690.061	857.939	16.939	21.061

残差分析の結果は、 $p < 0.01$ で有意であった。

調整された残差	2.623	-2.623	-2.623	2.623
検定結果	P<0.01			

実測値と残差分析の結果

698 と 29 が $p < 0.05$ で有意に多かった。そして、850 と 9 が有意に少なかった。

直接確率計算 1(横切る頻度)×2(勤務時間)は、 $p < 0.01$ で有意であった。

	午前	午後
横切る頻度	707	879

25、26、28 日行動比較結果

① χ^2 検定 2 (従業員)×2(勤務日時)は、 $\chi^2(2)=10.35$ 、 $p < 0.01$ 、 $\phi=0.172$ で有意であった。

	25	26	28
饅頭	6	13	31
カステラ	77	106	114

χ^2 検定の結果、 $\chi^2(2)=10.35$ 、 $p < .01$ 、 $\Phi=0.172$

実測値	6	13	31
期待値	11.959	17.146	20.893
実測値	77	106	114
期待値	71.040	101.853	124.106

残差分析の結果、+ $p < .10$ 、* $p < .05$ 、** $p < .01$

調整された残差	-2.135	-1.335	3.132
検定結果	*	ns	**
調整された残差	2.135	1.335	-3.132
検定結果	*	ns	**

実測値と残差分析の結果

$p < 0.05$ で 6 は有意に少なく、31 は有意に多かった。 $p < 0.05$ で 77 は有意に多く、114 は有意

に少なかった。

② χ^2 検定 2 (従業員) \times 2 (勤務日時) は、 $\chi^2(4)=12.01$ 、 $p<0.05$ 、 $\phi=0.093$ で有意であった。

	25	26	28
饅頭	132	156	94
その他	119	84	94
マスクなし	4	5	4

χ^2 検定結果、 $\chi^2(4)=12.01$ 、 $p<0.05$ 、 $\Phi=0.093$

実測値	132	156	94
期待値	140.765	135.245	105.988
実測値	119	84	94
期待値	109.443	105.151	82.404
実測値	4	5	4
期待値	4.790	4.602	3.606

残差分析の結果、 $+p<.10$ 、 $*p<.05$ 、 $**p<.01$

調整された残差	-1.389	3.317	-2.046
検定結果	Ns	**	*
調整された残差	1.521	-3.396	1.988
検定結果	Ns	**	*
調整された残差	-0.458	0.232	0.245
検定結果	Ns	Ns	ns

実測値と残差分析の結果

$p<0.05$ で 156 は有意に多く、94 は有意に少なかった。 $p<0.05$ で 84 は有意に少なく、94 は有意に多かった。

③ χ^2 検定 2 (従業員) \times 2 (勤務日時) は、 $\chi^2(4)=3.49$ で有意でなかった。

	25	26	28
手洗い	8	11	9
タオル洗い	8	8	18
その他	11	15	15

χ^2 検定結果、 $\chi^2(4)=3.49$ 、 ns 、 $\Phi=0.130$

実測値	8	11	9
期待値	7.339	9.242	11.417
実測値	8	8	18
期待値	8.912	11.223	13.864

実測値	4	5	4
期待値	11	15	15

28日全体の行動結果

χ^2 検定 2(勤務態度)×2(勤務時間帯)は、 $\chi^2(42)=238.01$ 、 $p<0.01$ 、 $\phi=0.125$ で有意であった。

	8:00~9:30	9:30~11:00	11:00~12:30	13:00~14:30	14:30~16:00	16:00~17:30	18:00~19:30	19:30~21:00
①	37	31	14	0	22	50	9	0
②	94	114	82	20	48	83	73	0
③	248	188	262	129	152	182	225	162
④	3	4	2	0	10	4	14	1
⑤	7	9	11	7	4	10	14	5
⑥	13	18	20	6	8	13	20	13
⑦	15	15	10	10	8	14	6	4

機械操作している従業員頻度

- ①まんじゅう担当
- ②カステラ担当

運搬している従業員頻度

- ③画面をフェードアウトするまんじゅうとその他担当
- ④画面をフェードアウトするマスクをつけていない従業員

衛生面の頻度

- ⑤手を洗う頻度
- ⑥タオルを洗う頻度
- ⑦それ以外の頻度

χ^2 検定結果、 $\chi^2(42)=238.01$ 、 $p<.01$ 、 $\Phi=0.125$

実測値	37	31	14	0	22	50	9
期待値	26.94	24.485	25.906	11.112	16.28	22.999	23.322
実測値	94	114	82	20	48	83	73
期待値	84.953	77.212	81.694	35.04	51.338	72.526	73.544
実測値	248	188	262	129	152	182	225
期待値	255.852	232.537	246.035	105.531	154.615	218.425	221.493
実測値	3	4	2	0	10	4	14
期待値	6.28	5.708	6.039	2.59	3.795	5.361	5.437
実測値	7	9	11	7	4	10	14
期待値	11.073	10.064	10.648	4.567	6.692	9.453	9.586
実測値	13	18	20	6	8	13	20
期待値	18.346	16.674	17.642	7.567	11.086	15.662	15.882
実測値	15	15	10	10	8	14	6
期待値	13.552	12.317	13.032	5.59	8.19	11.57	11.732

残差分析の結果、+ $p<.10$ 、* $p<.05$ 、** $p<.01$

調整された残差	2.193	1.476	-2.637	-3.57	1.544	6.281	-3.312
検定結果	*	ns	**	**	ns	**	**
調整された残差	1.203	5.089	0.041	-2.949	-0.55	1.487	-0.076
検定結果	ns	**	ns	**	ns	ns	ns
調整された残差	-0.864	-5.096	1.785	3.806	-0.356	-4.278	0.409
検定結果	ns	**	+	**	ns	**	ns
調整された残差	-1.443	-0.781	-1.806	-1.68	3.382	-0.639	3.997
検定結果	ns	ns	+	+	**	ns	**
調整された残差	-1.358	-0.368	0.118	1.195	-1.111	0.194	1.56
検定結果	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
調整された残差	-1.397	0.36	0.626	-0.603	-0.999	-0.742	1.141
検定結果	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
調整された残差	0.437	0.842	-0.931	1.964	-0.071	0.783	-1.838
検定結果	ns	ns	ns	*	ns	ns	+

実測値と残差分析の結果

機械操作しているまんじゅう担当の従業員において、 $p < 0.05$ で 37、50 が有意に多く、14、0、9、0 が有意に少なかった。機械操作しているカステラ担当の従業員において、 $p < 0.05$ で 114 が有意に多く、20、0 が有意に少なかった。運搬時のマスクありの従業員において、 $p < 0.05$ で 129、162 が有意に多く、188、182 が有意に少なかった。運搬時のマスクなしの従業員において、 $p < 0.05$ で 10、14 が有意に多かった。衛生面のその他において、 $p < 0.05$ で 10 が有意に多かった。

分担研究報告書

6. 微生物等による健康被害の防止とその危機管理に関する研究

分担研究者 松 木 容 彦

厚生労働科学研究費補助金（食品の安全高度推進事業）
食品企業における健康危機管理に関する研究

分担研究報告書（平成 16 年度）

微生物等による健康被害の防止とその危機管理に関する研究
－食品に付着・汚染する真菌の調査研究－
国産玄米の真菌調査と検出された *Penicillium islandicum* の毒素産生能

主任研究者 玉木 武 (社) 日本食品衛生協会 理事長
分担研究者 松木容彦 (社) 日本食品衛生協会食品衛生研究所 試験検査センター長
協力研究者 高鳥浩介 国立医薬品食品衛生研究所 衛生微生物部 部長
酒井綾子 国立医薬品食品衛生研究所 衛生微生物部 室長

研究要旨

米の真菌フローラについては過去に報告があるが、最近の実態について我々が利用できるデータとして誌上等で公表されているものは見あたらない。そこで、国内消費の大部分を占める国産米について着生真菌を調査した。

調査の対象は、備蓄米、前年産米、新米で、それぞれ収穫 1 年半後、半年後、2 ヶ月以内に玄米の真菌検査を実施し、真菌着生粒数の測定、形態観察による同定を行った。一部の菌は、遺伝子シーケンス法によって同定した。黄変米の起因菌の 1 種である *Penicillium islandicum* によって高汚染されていた米があったので、分離した菌の毒素産生能を調べた。

新米は、PDA 培地を好む真菌の着生粒率の高い検体が多く、備蓄米は、M40YA 培地を好む好乾性菌の着生が進んだ検体が多かった。新米から検出された菌は、*Cladosporium*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium* が多かった。前年産米からは、*Penicillium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Aspergillus* を、備蓄米からは、*Aspergillus*, *Penicillium*, *Eurotium* を多く検出した。多様なマイコトキシンを産生することが知られている *Fusarium* は、新米から多く検出されるが、保存によって次第に減少することが明らかになり、マイコトキシン汚染予測の目的で *Fusarium* の検査を行う場合には、収穫後早い時期に実施する必要があると示された。マイコトキシン関連真菌として、*A. versicolor*, *A. ochraceus*, *P. islandicum* を前年産米と備蓄米から検出した。*A. versicolor* と *A. ochraceus* の国産玄米における着生状況は、昭和 40 年代の調査と比べて改善されていなかった。*P. islandicum* は、3 検体から分離され、国産米分離菌としては始めて、ルテオスカイリン産生能があることを HPLC, LC/TOF-MS 等を実施して明らかにした。以上のことから、国産米のマイコトキシン汚染に関する安全性を図る上では、ステリグマトシスチン、オクラトキシン A、ルテオスカイリン、*Fusarium* 毒素等を分析の対象にするのが有効であると考えられる。また、今回の調査結果によって、国産米について有害な真菌による汚染防除の対策を立てることの必要性が示された。

A. 研究目的

穀類は、長期間貯蔵される食品である。一方で、多くの真菌にとってよい基質でもある。このため、穀類は、栽培中の真菌による病害に始まって圃場の土壌に由来する

真菌やより乾燥した環境を好む貯蔵性真菌など、置かれた環境に応じて多様な真菌の着生を許す。栽培、収穫、乾燥、貯蔵、流通等の段階で適切に管理されなければ、真菌を発生し、真菌汚染による品質の劣化を起こすばかりでなく、真菌の種類によって

はマイコトキシンを蓄積する危険性もある。

我が国では昭和 29 年にエジプトから輸入した米に着生していたカビによる黄変米騒動があり、その後外国でアフラトキシンの強力な毒性が報告されたこともあって、カビ毒に対する認識が高まった。このような経緯から、米の真菌フローラは過去に輸入米を中心に諸処で調査されたが、国産米についても報告されている。最近では、米の低温貯蔵が進み、貯蔵米の真菌フローラは、常温貯蔵の時代とは変化していることが考えられる。また、収穫時の乾燥方法も天日乾燥にかわって火力乾燥が主体になっている。しかしながら、最近の米の真菌フローラの実態について我々が利用できるデータとして誌上等で公表されているものは見あたらない。

そこで、国内消費の大部分を占める国産米について着生真菌の調査を行った。また、黄変米の起因菌の一種であって国内産穀類からは検出される頻度の低い *Penicillium islandicum* によって汚染されていた検体があったので、分離した株のマイコトキシン産生能を試験した。

B. 研究方法

1. 試料および真菌検査の時期

備蓄米

国内 15 県で平成 13 年に生産され、各県の食糧事務所が管理する倉庫に貯蔵されていた玄米の分与を受けて検体とした。北海道・東北地方産 2 検体、関東・信越・北陸地方産 7 検体、東海・近畿・中国地方産 3 検体、四国・九州地方産 3 検体であった。真菌検査は、平成 15 年 4～6 月に実施した。したがって、玄米としての保存期間は、おおむね 1 年半であった。

前年産米

平成 14 年産玄米：生産地の明らかな玄米を各地で購入して検体とした。北海道・東北地方産 31 検体、関東・信越・北陸地方産 36 検体、東海・近畿・中国地方産 22 検体、四国・九州地方産 11 検体、合計 100 検体で

あった。真菌検査は、平成 15 年 4～6 月に実施した。したがって、玄米としての保存期間は、約半年であった。

平成 15 年産玄米：生産地の明らかな玄米 64 検体を主に東京都内で購入した。北海道・東北地方産 20 検体、関東・信越・北陸地方産 26 検体、東海・近畿・中国地方産 14 検体、四国・九州地方産 4 検体であった。平成 16 年 3～6 月に真菌検査を実施した。

新米

生産地の明らかな平成 16 年産玄米 20 検体を主に東京都内で購入した。北海道・東北地方産 7 検体、関東・信越・北陸地方産 10 検体、東海・近畿・中国地方産 1 検体、四国・九州地方産 2 検体であった。平成 16 年 10、11 月に検査を実施した。

2. 真菌検査

培養を開始する前に玄米を滅菌蒸留水で洗浄して表面に付着している真菌を除去した。軽く風乾してクロラムフェニコール添加ポテト・デキストロース寒天 (PDA) 培地及び M40Y 寒天 (M40YA) 培地平板上に 1 枚当たり 5 粒を置き、25℃で 7 日間培養した。1 検体につき PDA 培地と M40YA 培地でそれぞれ 50 粒を培養し、カビ、酵母の出現した粒の計数と形態観察によるカビの同定を行った。*Fusarium* の同定は、PDA 斜面培地に分離後、備蓄米と平成 14 年産米についてはカーネーション・リーフ・寒天培養によって行った。平成 15 年産米と平成 16 年産米 (新米) については、遺伝子シーケンシング法によった。すなわち、MicroSeq キット (Applied Biosystems) を用いて D2 r DNA 領域の DNA シーケンシングを行い、NCBI が提供する Web サイトで GenBank+EMBL+DDBJ+PDB の塩基配列データベースを BLAST 検索した。

3. 毒素産生能

3.1. 培養および菌体抽出液の調製

P. islandicum 対照菌株として著者らが家畜飼料より分離した *P. islandicum* TSY283 を用いた。TSY283 および米から分離した *P. islandicum* をツァペック酵母

エキス寒天培地を用いて 25°C で 1 週間培養した。培養物を 50°C で 2 日間乾燥後、アセトンを加えて 10 分間超音波処理を行った。15,000 rpm で 5 分間遠心分離し、上清を以下の試験に用いた。

3.2. ルテオスカイリンの確認

培養抽出液の薄層クロマトグラフィー (TLC) を上野らの方法に従って実施した。すなわち、シリカゲルプレート (Kieselgel 60, Merck) を 0.25 mol/L シュウ酸-メタノール溶液でコーティングしたのち、120°C で 30 分間活性化し、培養抽出液をスポットしてアセトン：n-ヘキサン：水(4:2:1)の混合液で展開した。TLC プレートより R_F 値

がルテオスカイリンの文献値 (0.40) とほぼ一致する橙黄色の画分を分取してアセトンで溶出した。ここで得た TLC 溶出液について、液体クロマトグラフィー/飛行時間型質量分析 (LC/TOF-MS)、液体クロマトグラフィー/イオントラップ型質量分析 (LC/ion trap MS) および液体クロマトグラフィー (HPLC) を実施して、ルテオスカイリンの存在を確認した。LC/TOF-MS および LC/ion trap MS の装置および測定条件を表 1 に示した。HPLC は、Waters 2690 シリーズを用い、検出を 430 nm における吸光度によった以外は、LC/TOF-MS および LC/ion trap MS と同じ条件で実施した。

表 1. ルテオスカイリンの確認に用いた LC/TOF-MS と LC/Ion Trap MS の条件

LC	
Model: Agilent 1100	
Column: Zorbax Eclipse XDB C ₁₈ (150 mm, 2.1 mm, 5 μm)	
Mobile phase: A, AcCN; B, 0.1% CH ₃ COOH; 45%A/55%B	
Flow rate: 0.2 ml/min	
Oven temp: 40°C	
Sample size: 10 μl	
TOF-MS	Ion trap MS
Model: Agilent 1100 TOF	Model: Agilent 1100 Ion Trap
Ionization: ESI positive, negative	Ionization: ESI positive, negative
Scan Range: <i>m/z</i> =100-1000	Scan Range: <i>m/z</i> =100-600
Nebulizer gas: N ₂ (50 psi)	Nebulizer gas: N ₂ (50 psi)
Drying gas: N ₂ (9 l/min, 350°C)	Drying gas: N ₂ (10 l/min, 350°C)
Fragmentor: 100 V	Fragmentor: 130 V
Reference mass: <i>m/z</i> =121.0510	ICC target: 400,000 cps
<i>m/z</i> =922.0097	Accumulation time: 100 msec

C. 研究結果

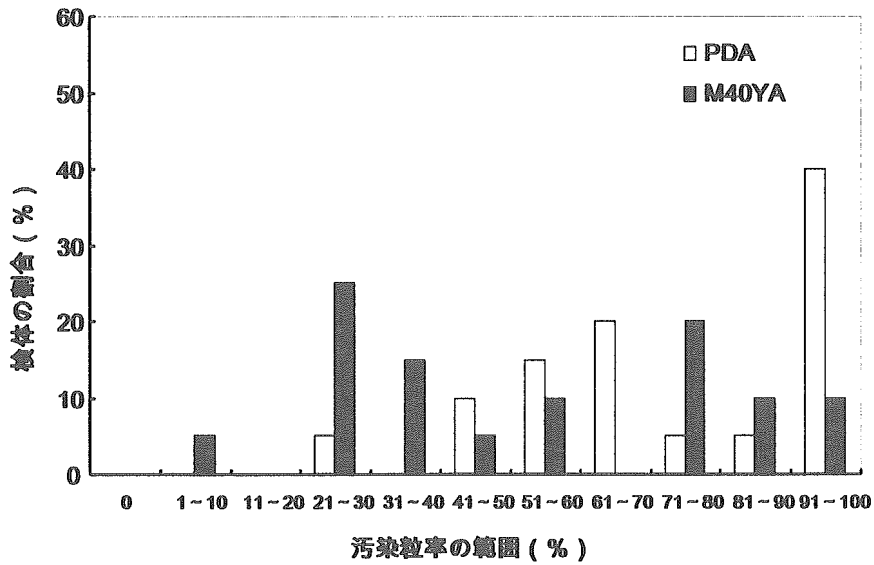


図 1. 汚染粒率に関する検体の分布—新米 (H16年産玄米)

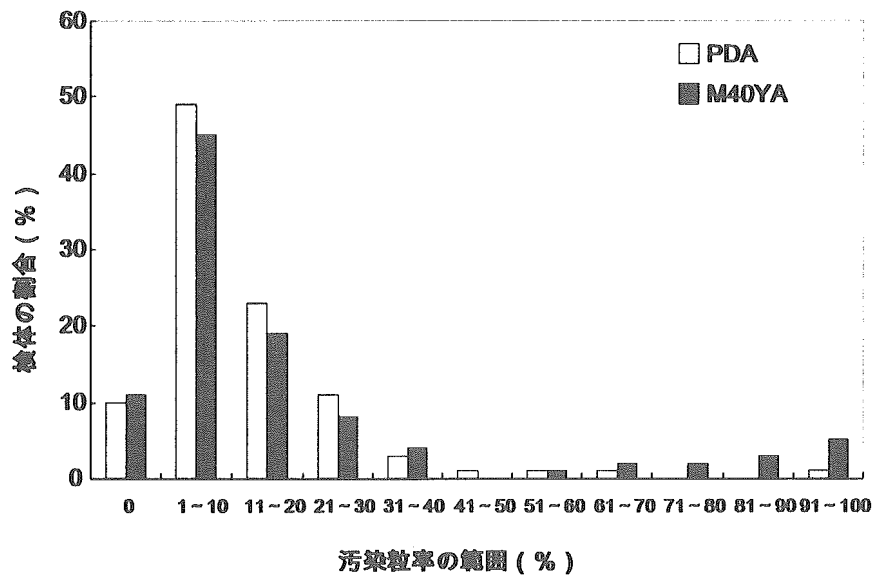


図 2. 汚染粒率に関する検体の分布—前年産米 (H14年産玄米)

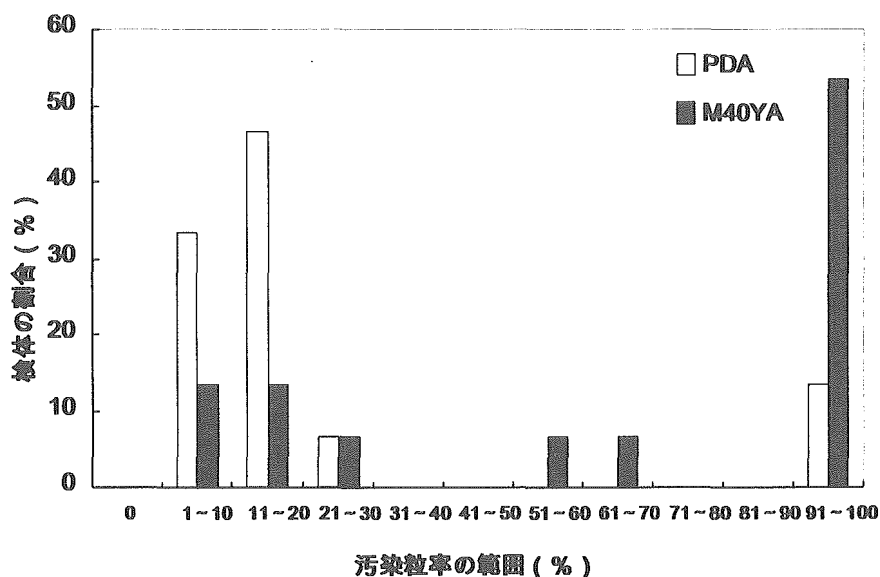


図3. 汚染粒率に関する検体の分布—備蓄米 (H13年産玄米)

1. 真菌検出粒率

真菌が検出された米粒の割合（真菌検出粒率）に関する検体の頻度分布を新米，前年産米（H14年産米），備蓄米に分けて図1～3に示した。新米は，真菌検出粒率の高い検体が多かった。特に，PDA培地を好む菌の着生率が高い検体が多かった（図1）。前年産玄米では，PDA培地でもM40YA培地でも，真菌検出粒率が1～10%の検体が最も多く，真菌検出粒率20%以下の検体が大半であり，真菌検出粒率が80%を超えた検体は，PDA培地で1%，M40YA培地で8%にすぎなかった（図2）。前年産米のうち平成15年産米のデータの掲載は省略したが，酵母の検出率が全体に高く，PDA培地における真菌検出粒率に関する検体の分布が幾分高検出率側にシフトしていた他は，ほぼ同様の分布を示した。一方，備蓄玄米では，PDA培地における真菌検出粒率は，20%以下の検体が大半であったが，M40YA培地における真菌検出粒率が90%以上である検体が全体の半数を越えた（図3）。PDA培地は，一般真菌用培地であり，好湿性～中湿性の真菌をよく検出する。

M40YA培地は，好乾性菌をよく検出する培地である。備蓄玄米では，好乾性菌類による汚染が進行した検体が多いことがわかった。

2. 真菌フローラ

表2に検出・同定した真菌，その真菌を検出した検体の割合（検出検体率），その真菌を検出した粒の割合（検出粒率）の範囲と中央値を示した。新米では，*Cladosporium*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Epicoccum*を検出した検体が多く，それぞれ，85%，65%，50%，50%，45%の検体から検出された。前年産玄米では，*Penicillium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Aspergillus*を検出した検体が多く，平成14年産米と平成15年産米の平均で，それぞれ52%，41%，36%，34%の検体から検出された。一方，備蓄玄米では，*Aspergillus*, *Penicillium*, *Eurotium*属の菌を検出した検体が多く，それぞれ93%，73%，47%から検出された。酵母は，新米で95%，前年産米と備蓄米で約60%の検体から検出された。

表2 国産玄米から検出された主要な真菌

菌名	新米 (H16年産)		前年産米 (H15年産)		前年産米 (H14年産)		備蓄米 (H13年産)	
	2ヶ月以内		半年		半年		1年半	
	検出検体率 ^a (%)	検出粒率 ^b (%)	検出検体率(%)	検出粒率(%)	検出検体率(%)	検出粒率(%)	検出検体率(%)	検出粒率(%)
Molds								
<i>Aspergillus</i>								
<i>A. flavus</i>	20	2・28(9)	33	2・12(2)	34	2・80(4)	93	2・100(44)
<i>A. ochraceus</i>	0	-	0	-	5	2・4(2)	13	4・8(6)
<i>A. restrictus</i>	0	-	2	2(2)	3	2・72(2)	20	2・12(2)
<i>A. versicolor</i>	20	2・28(9)	27	2・10(2)	10	2・80(6)	73	2・100(52)
<i>Penicillium</i>								
<i>P. islandicum</i>	50	2・30(2)	47	2・24(2)	18	2・38(4)	27	2・62(3)
<i>Acromonium</i>								
<i>Acromonium</i>	5	2(2)	5	2・10(2)	1	16	13	2・94(8)
<i>Alternaria</i>								
<i>Alternaria</i>	65	2・18(4)	39	2・10(2)	42	2・6(2)	20	2・4(3)
<i>Arthrinium</i>								
<i>Arthrinium</i>	10	2(2)	2	2(2)	11	2・4(2)	7	2(2)
<i>Chaetomium</i>								
<i>Chaetomium</i>	5	2(2)	9	2(2)	5	2・4(2)	0	4
<i>Cladosporium</i>								
<i>Cladosporium</i>	85	2・24(6)	55	2・14(4)	17	2・10(2)	7	-
<i>Curvularia</i>								
<i>Curvularia</i>	35	2・16(2)	5	2・4(2)	8	2・4(2)	0	4
<i>Drechslera</i>								
<i>Drechslera</i>	5	4(4)	3	2・4(3)	3	2・4(2)	7	14
<i>Epicoccum</i>								
<i>Epicoccum</i>	45	2・30(6)	14	2・10(2)	1	2	0	-
<i>Eurotium</i>								
<i>Eurotium</i>	30	2・26(2)	20	2・88(2)	23	2・82(4)	47	2・14(8)
<i>Fusarium</i>								
<i>Fusarium</i>	50	2・42(3)	22	2・4(2)	16	2・6(2)	0	-
<i>Nigrospora</i>								
<i>Nigrospora</i>	25	2・14(4)	20	2・8(4)	7	2・4(2)	13	2・4(3)
<i>Paeciliomyces</i>								
<i>Paeciliomyces</i>	0	-	0	-	5	2・4(2)	7	6
<i>Phoma</i>								
<i>Phoma</i>	0	-	0	-	4	2・6(4)	7	2
<i>Wallemia</i>								
<i>Wallemia</i>	0	-	3	2・58(30)	3	2・20(10)	33	4・26(16)
Miscellaneous molds								
Miscellaneous molds	0	-	19	2・12(2)	8	2(2)	13	2・6(4)
Unidentified molds ^c								
Unidentified molds ^c	95	2・96(22)	98	2・100(14)	81	2・100(6)	60	4・20(10)
Yeasts								
Yeasts	95	2・80(22)	83	2・82(22)	40	2・18(4)	60	2・8(2)

^a 各々の真菌が検出された検体数のパーセント

^b 各々の真菌が検出された米粒数のパーセントの最小値と最大値。()内は、中央値。一部の真菌はどちらか一方の培地を特に好み、他方の培地では全く検出されないか検出

されても検出率が下がるので、真菌検出粒数は、実際の着生真菌数を反映させるためにPDA培地とM40YA培地で得られた検出粒率のうち大きい方を採用した。

^c 検出されたが、通常の培地では孢子を形成しないため同定できなかった種々のカビをまとめた。検出粒数に基づき集計で全体の約30~40%を占める。一般にこれらのカビの

多くは植物病原菌であろうと考えられている。