

輸入穀類検査における抽出検査数量の 決定に関する一考察

楯 谷 昭 夫*

横浜植物防疫所業務部調査課

A Certain Approach to the Determination of Grain Sampling Volume for Sieving in Import Inspection. Akio TATEYA (Research Division, Yokohama Plant Protection Station). *Res. Bull. Pl. Prot. Japan* 15: 29-34 (1978).

Abstract: The probability of finding of insect pests by routine inspection is calculated by the binominal distribution. Three levels of confidence, 99, 95 and 90% for the judgement of freedom of commodities from insects are employed according to each commodities. In consideration of additional factors, sampling volume of several kinds of grains for inspection is respectively determined.

はじめに

植物が輸入されると、植物防疫法の規定に基づき、有害動物の有無についての検査が植物防疫官によって行われる。船積み穀類では、本船の船倉ごとに穀層表面の4隅と中央部において、すくい取った穀類を篩い、害虫の有無を確認する。この検査によって害虫が発見された場合、同じ荷口の輸入穀類はすべて不合格となり、消毒措置を受け、消毒効果の確認を経なければ、輸入が認められない。輸入穀類の検査すべき数量は、輸入植物検査規程に基づき、輸入検査申請量の0.01%以上と定められている。したがって申請量が多くなると、検査すべき量も過大となる。例えば、こむぎ、とうもろこしなど輸入頻度の高い輸入検査申請量は、1件について15,000トン前後となり、その要検査数量は、1.5トン以上に達する。

膨大な量の穀類を対象とした場合、全量検査は不可能であり、適正なサンプリング数量の検査により合格の判定をしなくてはならない。検査において害虫が発見された場合は、問題がないが、発見されなかった場合は、統計学的理論によって合格の判定の信頼度を明らかにする必要がある。

前述のように、現行の法規では、検査すべき数量を、パーセント抽出量で定めているが、この方法では、もし害虫を発見しなかった場合、検査対象母集団の大小によって合格と判定する信頼度が異なる点が問題である。

本小稿は、統計学的論理及び既知データに基づき、穀

類の検査サンプリング数量の決定について考察を試みたものである。

本文に入るに先だち、有益な御助言と御校閲をいただいた農業技術研究所物理統計室長堀江正樹博士および農林水産技術会議事務局研究管理官梅谷猷二博士に謹んで深謝の意を表する。

害虫を発見する確率

輸入穀類の検査は、害虫がその穀類に付着しているという疑いを前提にして行われる。害虫は、サンプル検査を行う穀層表面の4隅および中央部にランダムに分布していると仮定する。1回のサンプル量を1kgとすれば、 n 回では n kgをすくい取り篩別することになる。サンプリングする部位の害虫を発見する確率は、二項分布により計算することができる。いま1000kgの穀類中に p 個体の害虫が全穀層内にランダムに分布していた場合、 p 個体/1000kgあるいは $0.001 \times p$ 個体/kgをここでは害虫存在率と名付ける。

以上を前提として、 n 回のすくい取り篩別検査で害虫の発見の回数が0回、すなわち害虫が1回も発見されない確率 $P(0)$ を求めると、

$$P(0) = \binom{n}{0} p^0 (1-p)^n \quad (1)$$

となる。したがって害虫を発見する確率 $P(1\sim)$ は

$$P(1\sim) = 1 - P(0) = 1 - \binom{n}{0} p^0 (1-p)^n \quad (2)$$

となる。第1表は上式を用いて種々の害虫存在率と検査サンプル量から害虫の発見確率を示したものである。この確率は、また逆に、 n kgをサンプリングして害虫を

* 現在 農蚕園芸局植物防疫課

TABLE 1. Probability of finding of insects

Sampling volume for inspection (kg)	Density of insect pests (indiv./kg)						
	0.005	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.10
25	0.1179	0.2220	0.3965	0.5329	0.6396	0.7227	0.9282
30	0.1397	0.2601	0.4545	0.5989	0.7061	0.7855	0.9576
40	0.1818	0.3309	0.5545	0.7041	0.8047	0.8715	0.9851
50	0.2217	0.3947	0.6360	0.7819	0.8701	0.9231	0.9948
70	0.2960	0.5052	0.7571	0.8814	0.9426	0.9724	0.9996
100	0.3942	0.6339	0.8676	0.9530	0.9831	0.9939	0.999973
150	0.5286	0.7806	0.9545	0.9902	0.9978	0.99955	
200	0.6331	0.8685	0.9834				

発見しなかった時、その穀類には害虫が付着していないと言える確からしきあるいは合格と判定する時のその信頼度を表す尺度と考えることができる。

害虫存在率

検査をする穀類の害虫存在率は不明である。そのため、害虫を発見しなかったということは、その穀類中に害虫が皆無であったのか、存在していたものの、たまたま発見されなかったのかどちらかである。害虫存在率が大きくなるにつれ、またサンプル量が多くなるにつれ、害虫を発見することのできる確率は大きくなることは第1表に示したとおりである。

適正な検査サンプル量を決定するためには、仮りに害虫存在率をある基準に設定し、また検査の信頼度をあるレベルに設定しなければならない。通常2名の植物防疫官による短時間の穀類のすくいどり篩別によるサンプリングは、経験上100kgが限度と考えられる。またサンプリング検査では、統計学的観点から5%水準の危険率で判定を下す場合が多い。換言すれば、その判定の信頼度のレベルを95%に設定することが一般的である。第1表に示したサンプル量と害虫存在率との関係から求めた害虫発見の確率は、一定量のサンプリング検査によ

て、害虫不在(合格)と判定するための信頼度であるといえる。したがってサンプル量100kgで95%を判定の信頼度の基準としたので、基準となる害虫存在率は $p=0.03$ 個体/kgと仮定することができる。

害虫存在率に影響を与える要因は多岐にわたると思われるが、本論では、害虫の穀層内での分布状態及び植物の種類による害虫存在率の差異をとくに重要と考え、この2要因を考慮した。

(1) 害虫の穀層内での分布状態

SURTEES (1963) は、グラナリアコクゾウ *Sitophilus granarius*、コクヌストモドキ *Tribolium castaneum*、コナナガシクイ *Rhizopertha dominica*、サビカクムネヒラタムシ *Cryptolestes ferrugineus*、ノギリヒラタムシ *Oryzaephilus surinamensis* の5種類の各成虫を25kgの小麦を入れた30cm立方の容器に、種別に100個体ずつ分入放飼し、2週間後における分布状態を5回反復して調査した。

現在、穀類の本船検査におけるサンプリング部位は、前述のごとく、穀層表面の4隅及び中央部であるので、SURTEESの実験結果から、最上層部の4隅及び中央部に分布が観察された個体数と、穀層内にランダム分布した場合に期待される個体数との割合を比較したのが第2

TABLE 2. Density of insects distribution at the four corners and the center of the upper surface of grain bulk. (Based on the data of SURTEES, 1963)

Species of insect	Observed no. (O)	Expected no. (E)	R (O/E)*
<i>Sitophilus granarius</i>	59	27	2.2
<i>Tribolium castaneum</i>	69	27	2.6
<i>Rhizopertha dominica</i>	29	24	1.2
<i>Cryptolestes ferrugineus</i>	44	28	1.6
<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	23	20	1.2

* Ratio of observed no. of insects to expected no. of insects on the assumption that insects are distributed at random in the whole grain bulk.

表である。これによればコナナガシクイおよびノコギリヒラタムシのR値が1.2と最小値を示しているの、穀層表面の4隅および中央部の害虫存在率 p を $p=0.03 \times 1.2=0.036$ と仮定して論議を進めることとした。ただしこの数値は穀類がばらのままで船倉に入られている荷口（以下ばら物と言う）に関してのものであるが、穀類が麻袋に入れられて、これが船倉に積まれている荷口（以下袋物と言う）は虫の移動分散がばら物ほど容易でないことから、害虫存在率を $p=0.03$ と設定した。

(2) 植物の種類

輸入植物の種類の違いによって害虫の発見の頻度が異なることの実態を明らかにするため、昭和45年（1970年）度から昭和50年（1975年）度までの各種植物の検査数量（無名、1972・1973・1974 a・1974 b・1975・1976）の合計に対する消毒数量合計の割合、いわゆる消毒率を計算し、これを害虫存在率に影響を与える1要因と考えた。第3表は各種植物の消毒率を示したものである。

付着害虫の有害度と検査の信頼度の関係

各種植物に付着する害虫の重要性の程度により、検査の信頼度を若干調整することが適当であると考えられる。たとえば、ヒメアカカツオブシムシ (*Trogoderma granarium*) のような極めて重要な害虫が付着している可能性の高い穀類の検査においては、その判定の信頼度を99%に設定し、重要な一次害虫が付着していると思われる穀類に対しては、95%に設定し、有害度が軽度で

ある害虫しか付着しないような穀類に対しては90%に設定する。それぞれの信頼度の設定基準については、科学的根拠を有せず、あくまで実施上現実的な一応の目安として考えた。

検査サンプル量の決定とその問題点

第1図は、合格と判定した場合の一定の信頼度における害虫存在率と検査サンプル量の関係を(2)式から図示

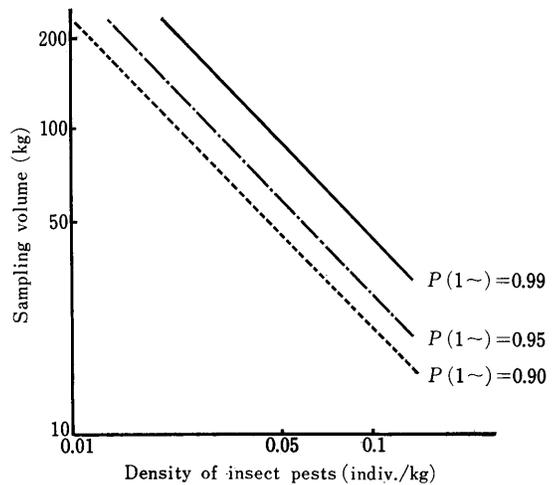


Fig.1 The relationship of sampling volume to density of insect pests in grain

TABLE 3. Tonnage of commodities inspected and fumigated.

	Commodity	Tonnage inspected	Tonnage fumigated	Percentage fumigated (%)
Cereals	Rice	156,042	118,676	76.1
	Wheat	31,064,751	15,538,915	50.0
	Barley	6,847,717	2,509,432	36.6
	Maize	41,014,717	37,593,479	91.7
	Farina	60,035	40,510	67.5
	Others	29,625,089	23,787,539	80.3
Pulses	Soybeans	20,157,201	15,571,006	77.3
	Azuki beans, peas and string beans	1,174,500	755,886	64.4
	Others	1,715,067	1,371,862	80.0
Miscellaneous	Oilseeds	7,199,602	4,488,832	62.3
	Spices	1,295,991	951,406	73.4
	Herbs and dyestuffs	160,472	91,305	56.9
	Dried fruits	6,280	3,862	61.5

Based on the Plant Quarantine Statistics Reports, 1972-76.

したものである。また、前述の2種類の要因を含ませた害虫存在率と検査の信頼度の関係から、各種穀類の検査サンプル数量 n は (2) 式を変換し、次式によって求められる。

$$n = \frac{\log \{1 - P(1-\sim)\}}{\log (1 - p)} \quad (3)$$

その結果を第4表に示したが、これは本論の結論とした筆者の提案値である。

現行のサンプリング数量の決定は、検査申請量にスライドするパーセント抽出法によっているので、申請量が膨大になると検査を完全に行うことが困難となる。また害虫が発見されないうとき、合格判定の結果の信頼度を明らかにすることができないという難点がある。

本論による提案においては、検査申請量の多少に関係なくサンプリング数量が決定され、さらに判定結果の信頼度が明らかにされるので、より合理的な検査が可能となろう。本提案値は、害虫存在率と信頼度によって定められたものである。このうち、信頼度は、検査対象穀類に付

着する害虫の有害度によって設定することができるが、害虫存在率は本来不明であるので、あるレベルに設定し、これを基準とした。

植物検査は、その精度を低下させない前提で検査サンプル数量をできるだけ少なくする工夫によって効率的に行わなければならない。このことから検査結果の信頼度を穀類に付着している可能性のある害虫を種類別に有害の度合いによって調整した。また害虫の生態的特性から、より多く集まる部位を検査することで、その害虫存在率をより高く調整することによって検査結果の判定の信頼度を保持しつつ、サンプリング数量を減少させることができる。本論では、コナナガシクイ、ノコギリヒラタムシの穀層表面の4隅・中央部におけるR値(第2表参照)が $R=1.2$ を基礎にサンプリング数量を計算したが、コクヌストモドキでは $R=2.6$ 、グラナリアコクゾウでは $R=2.2$ となるので、これらの害虫がよく発見される穀類では、その害虫存在率を高めることによってサンプリング数量を減少させることができる。

TABLE 4. Proposed sampling volume of each commodity for inspection

Type of loading	Commodity	A*	Density of insect pests indiv./kg**	Sampling volume kg	Confidence level*** %
In bulk	Rice	1.52	0.05472	53	95
	Wheat	1.00	0.03600	82	"
	Barley	0.73	0.02628	112	"
	Maize	1.83	0.06588	44	"
	Farina	1.35	0.04860	60	"
	Other cereals	1.61	0.05796	50	"
	Soybeans	1.55	0.05580	80	99
	Azuki beans, peas and string beans	1.29	0.04644	97	"
	Other pulses	1.60	0.05760	78	"
	Oilseeds	1.25	0.04500	65	95
Bagged	Farina	1.35	0.04050	73	96
	Other cereals	1.61	0.04830	61	"
	Azuki beans, peas and string beans	1.29	0.03870	117	99
	Other pulses	1.60	0.04800	94	"
	Oilseeds	1.25	0.03750	121	"
	Spices	1.47	0.04410	102	"
	Herbs and dyestuff	1.14	0.03420	66	90
	Dried fruits	1.23	0.03690	61	"

* A is the ratio of percentage fumigated of commodity to percentage fumigated of wheat.

** Density of insect pests in grain bulk is estimated $A \times 0.036$, and that of bagged grain $A \times 0.030$.

*** Confidence level of 99% is for the commodities possibly infested with mainly most injurious insect pests such as *Trogoderma granarium* or *Callosobruchus chinensis*. Confidence level of 95% is for the commodities possibly infested with mainly primary insect pests of importance. 90% is for the commodities possibly infested with less injurious insect pests.

一方、害虫の生態的特性に応じた検査技術を併用駆使することによって、第4表の提案値よりも信頼度を若干低く調整しても検査精度を保持することができよう。たとえば、各種鱗翅目害虫の成虫のように船倉の壁に静止している場合が多いもの、あるいはヒメアカツオブシムシの成虫のように麻袋の縫い目にいる場合が多いものなどに対しては、それらの部位を重点的に検査することによって信頼度を若干低くしてさしつかえないであろう。

本論のサンプリング数量決定の過程でふれなかったが、仕出国によって穀類の貯蔵保管状態が著しく異なり、害虫の個体群密度も異なっているので、この要因を仕出国別あるいは地域別に害虫存在率に対する重みづけによって検査サンプル数量をより減少させることが可能と考えられる。例えば米国産およびタイ産とうもろこしを比較してみると、後者においてはるかに多くの害虫が発見される。同一種類の穀類でも仕出国・仕出地域別に害虫の個体群密度が異なるが、これを示す直接的データは手元にないので、間接的指標として、仕出国、あるいは地域別の穀類の消毒率を考慮し、害虫存在率を調整することによって、サンプル数量を減少させることも出来ると考えられる。

今後の研究によってこれらの諸要因を考慮したより合理的な検査技術の発展を期したい。

引用文献

- 無名 (1972) 植物検査統計 第37号 (昭和45年)
横浜植物防疫所 (編)
- 無名 (1973) 植物検査統計 第38号 (昭和46年)
横浜植物防疫所 (編)
- 無名 (1974 a) 植物検査統計 第39号 (昭和47年)
横浜植物防疫所 (編)
- 無名 (1974 b) 植物検査統計 第40号 (昭和48年)
横浜植物防疫所 (編)
- 無名 (1975) 植物検査統計 第41号 (昭和49年)
横浜植物防疫所 (編)
- 無名 (1976) 植物検査統計 第42号 (昭和50年)
横浜植物防疫所 (編)
- SURTEES, G. (1963) Laboratory studies on dispersion behaviour of adult beetles in grain: VI Three-dimensional analysis of dispersion of five species in a uniform bulk. *Bull. Ent. Res.* **55**: 161-171.

SUMMARY

In case injurious insects are found upon import plant inspection, commodities are condemned and subject to fumigation, while in case injurious insects are not found, they must be judged to be free from injurious insects with a certain level of confidence.

It is assumed that injurious insects are distributed at random in the corners and the center of the upper surface of the grain bulk, where grain sieving is usually done by the inspector. It is also supposed that insects are present at the rate of the number of $0.001 \times p$ individuals in one kg of grains, which is called the density of insect pests in grain. A total of n kg of grains is sieved with a sieve of the capacity of one kg. On these assumptions, the probability of finding of insects is calculated by the binominal distribution. By n times of sampling, of which the total volume amounts to n kg, the probability of finding of no insects is that $P(0) = \binom{n}{0} p^0 (1-p)^n$, therefore the probability of findings of insects is that $P(1\sim) = 1 - P(0)$, i. e. $P(1\sim) = 1 - \binom{n}{0} p^0 (1-p)^n$.

In case that no insects are found in inspection, $P(1\sim)$ could be defined as the confidence level for the judgement of freedom of commodities from insects as a results of inspection.

Density of insect pests in grain is unknown though, it could be set up as 0.03 individuals per kg of the wheat grains from the points of view that at present a sieving of 100 kg of grain seems to be the maximum limit for routine inspection by two inspectors and a 95% level of confidence is generally enough for estimates in sample surveys. The density of insect pests is corrected as 0.36 individuals per one kg of wheat grain in bulk seeing that at least 1.2 times more numbers are expected to be present in the corners and the center of the upper surface of the grain bulk after the experimental studies of SURTEES (1966). Further, the density is corrected as $0.036 \times A$ for grains in bulk and $0.030 \times A$ for bagged grains, where A indicates the ratio of percentage fumigated (judged to be infested with insect pest) of respective commodities to percentage fumigated of wheat for the recent six years.

Considering the possible injuries caused by overlooked insects, three levels of confidence are employed according to each commodities. For the stored grains which may harbor the most injurious insect pests such as the khapra beetle, a 99% level of confidence seems to be desirable to determine the sampling volume. For the stored grains which may harbor the less and/or the least injurious insect pests, a 95 and/or 90% level of confidence could be taken into account.

In consideration of these factors, sampling volume of several kinds of grains for inspection is respectively determined by calculation.