

**輸入塩の品質判定に係るサンプリング手法
に関する調査研究**

報 告 書

2022年3月31日

一般社団法人 日本海事検定協会

(検査第一サービスセンター)

目 次

1. はじめに	2
2. これまでの研究結果	2
3. 本年度事業の実施内容	3
4. 調査の結果	3
5. 考察及び結論	8
6. おわりに	9

1. はじめに

サンプリングとは、全量検査を行わずに母集団に関する正確な情報を効率的に把握する為に用いられる統計手法だが、その精度や対象母集団の均一性の度合いの他、結果に影響するファクターとして、発生原因別に『サンプリング誤差』(サンプル数・サンプル量及びサンプリング方法に起因する誤差)、サンプルの『調製誤差』(粉碎、前処理等に起因する誤差)及び『分析誤差』(粉碎、前処理等の後の分析に起因する誤差)の三大誤差が知られており、作業環境的に比較的コントロールし易い『調製誤差』や『分析誤差』に対し、フィールドワークに介在する『サンプリング誤差』を如何にコントロールするかが適切なサンプリング実施に極めて重要となる。

現在、一般的に用いられている輸入塩の品質判定に係るサンプリングの手法は、品種及び産地の分散化・多様化に伴い、必ずしも実態にそぐわなくなっている面があるとの指摘がある。そこで、本事業に於いては、輸入塩の品位を廉価で迅速かつ正確に判定するために用いるサンプリング手法について、輸入商社、需要家等の協力を得て実証実験を行なうとともに、その結果に基づいて、より合理的な代替サンプリング手法について検討し、その研究成果を関係者に公表することを目的としている。

2. これまでの研究結果

輸入塩の品質判定に係る現行通りのサンプリング手法を用いて採取/調査してきた6銘柄20ロットのインクリメント毎の水分測定値を用いて、インクリメント数を1/2と1/3に減じた場合の標準偏差の変化を比較検討した結果、50インクリメント以上でサンプリングされたロットに関しては、銘柄を問わず全ロットに於いてインクリメント数を半減させても正規分布グラフの挙動が一致しており、品位のばらつきが発生しなかった。この事実より、精度に影響を与えないインクリメント数の減数を実現する可能性が得られた。

次に、インクリメント個数を減じてサンプリング精度を維持するには1インクリメント当たりの採取質量が重要なファクターとなると予測される事から、妥当性のある最少インクリメント質量について調査/検証を進める事とし、輸入塩の粒度別含有水分の傾向や関係性について、同一産地(メキシコ)輸入塩に限定して調査検証を実施してきた。

その後、その調査対象を他産地/他銘柄にも拡大する予定であった所、新型コロナウイルス感染症の世界的な広がりを受け、感染拡大防止の観点及び本事業に協力頂く各地の輸入塩取扱い現場への配慮等から、試料採取等の現場作業を伴う検証は自粛する事となった為、予定を変更し、1950年代に始まり現在に至る輸入塩のサンプリング手法の変革履歴を過去の資料文献等から調査を行った。その結果、1968年(昭和43年)に輸入塩サンプリング方法として規定され、運用が開始されたハッチ・サンプリング法、ベルトコンベア・サンプリング法は、大口試料の総質量で比較した場合、1979年(昭和54年)の時点でインクリメント個数の減数とインクリメントの大きさ(質量)の見直しに拠って、各々50%以下となるサンプル量の減量が図られている事が判明した。

3. 本年度事業の実施内容

本年度も新型コロナウイルス感染症の収束の兆しは無く、予定されていた試料採取等の現場作業を伴う調査/検証は引き続き自粛する事とした。そこで、昨年度に調査した輸入塩のサンプリング手法の変革履歴と現行サンプリング手法に対して、過去の調査結果を用いて更なるサンプル数の縮小による効率化が図れるのかの検証を行った。

4. 調査の結果

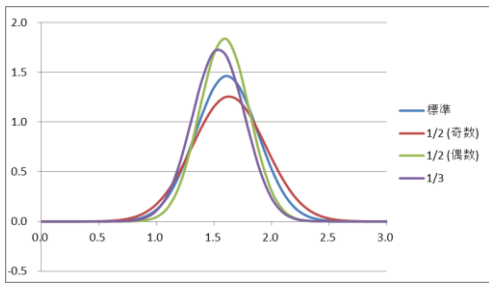
上記の項目 2. 「これまでの研究結果」でも記述している通り、過去に実施した現行サンプリング手法で採取/調査した 6 銘柄のインクリメント毎の水分測定値を指標に用いた検証に於いて、50 インクリメント以上でサンプリングされた 20 ロットに関しては、銘柄に関係無く、インクリメント数を半減させても、インクリメント数を減じない標準の正規分布グラフと概ね近似する事が確認され、インクリメント数を 3 分の 1 まで減じた場合には、正規分布グラフの挙動が少し外れ気味になる傾向が確認された。検証当時のロット別平均水分値と標準偏差の一覧及びその正規分布グラフは以下の通りである。

表 1. ロット別平均水分値と標準偏差 SD: Standard Deviation 品位のばらつきを標準偏差であらわしたもの

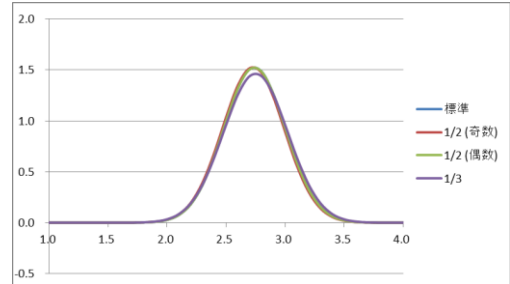
Ref. No.	標準		2 分の 1 (奇数グループ)		2 分の 1 (偶数グループ)		3 分の 1	
	Average	SD	Average	SD	Average	SD	Average	SD
142795	1.61	0.272517889	1.63	0.317086739	1.59	0.216601016	1.54	0.229850495
143051	2.74	0.261453427	2.73	0.261139331	2.74	0.261700657	2.75	0.272485572
142796	1.30	0.230446207	1.30	0.237629664	1.30	0.222752146	1.32	0.2279498
241350	2.37	0.133592835	2.37	0.135558003	2.38	0.131509255	2.39	0.130211688
240857	1.96	0.139360179	1.97	0.142230816	1.96	0.136363635	1.94	0.15842733
240584	2.65	0.199624825	2.66	0.207640227	2.64	0.191173103	2.66	0.22857133
240987	2.35	0.110267689	2.35	0.11594673	2.35	0.104279826	2.38	0.097569363
240661	1.44	0.256420639	1.48	0.25278495	1.41	0.255467276	1.37	0.181006695
240500	1.46	0.092635013	1.48	0.085904384	1.43	0.093387661	1.49	0.072627542
240123	2.92	0.363777588	2.86	0.317581053	2.98	0.395788892	2.95	0.405188263
143203	3.24	0.871108157	3.48	1.058219796	3.01	0.534424219	3.13	0.921113897
242054	2.62	0.104878994	2.61	0.118330249	2.62	0.08941097	2.62	0.139775756
242467	2.18	0.273102087	2.14	0.222695215	2.22	0.309766102	2.19	0.376071162
242616	2.65	0.13039348	2.68	0.123741431	2.62	0.130563932	2.66	0.127533842
242146	2.58	0.331869111	2.56	0.357496581	2.60	0.303314875	2.62	0.323456985
242487	1.94	0.133388624	1.93	0.113649622	1.94	0.150550835	1.92	0.1221938
340985	2.08	0.422352387	2.09	0.498792481	2.04	0.331191604	2.07	0.456127593
341092	2.12	0.114924725	2.12	0.108556968	2.13	0.120862287	2.15	0.106522574
341083	3.13	0.201820878	3.13	0.208038458	3.13	0.195405561	3.13	0.202965514
341172	2.18	0.080212219	2.18	0.085276022	2.17	0.074242845	2.19	0.079490565

図1. ロット別4パターンの正規分布比較

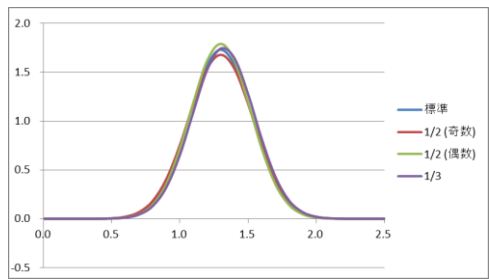
142795



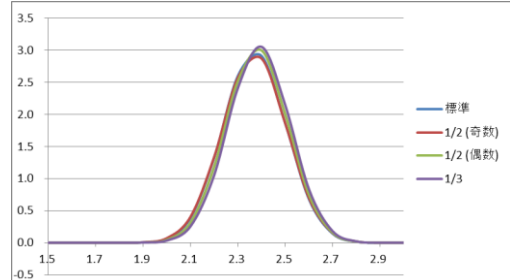
143051



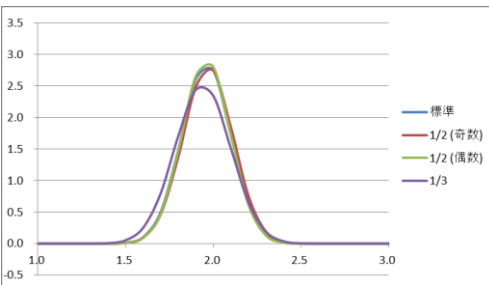
142796



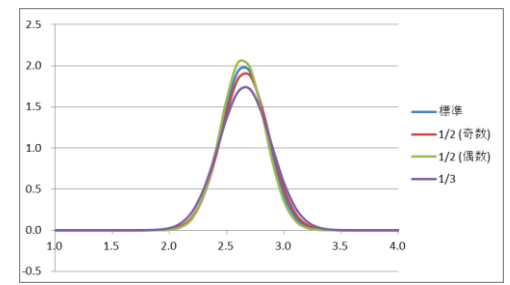
241350



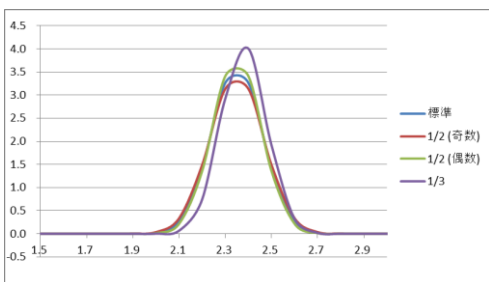
240857



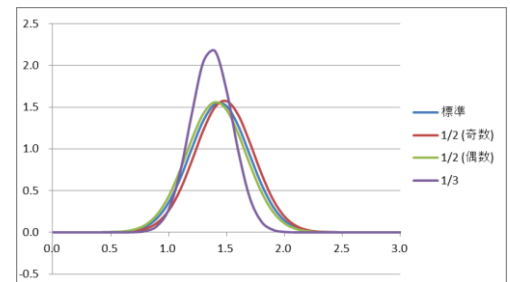
240584



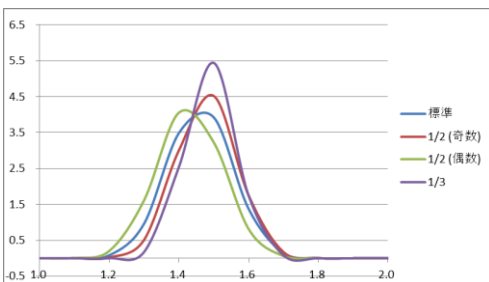
240987



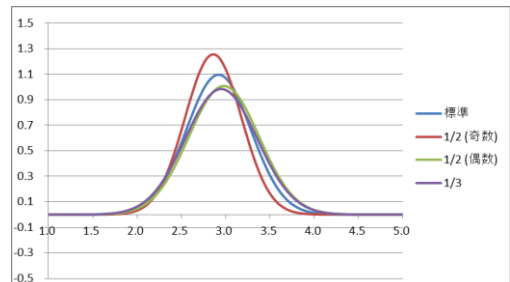
240661



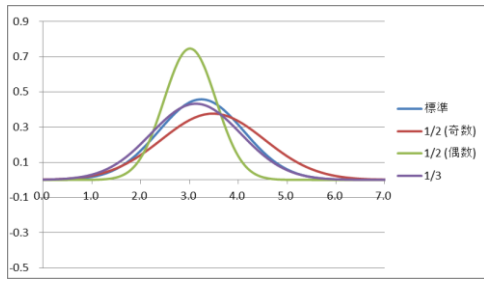
240500



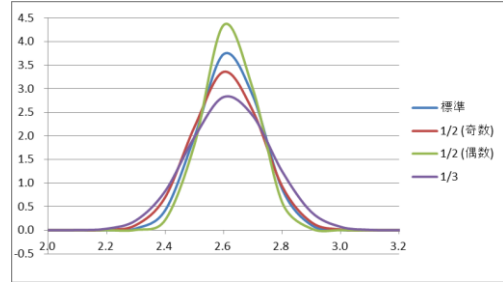
240123



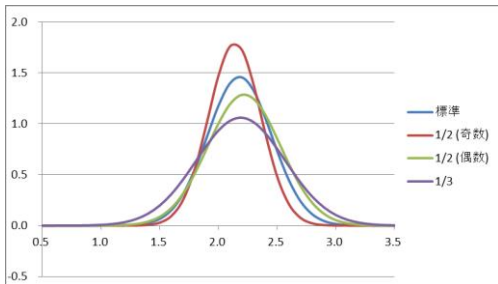
143203



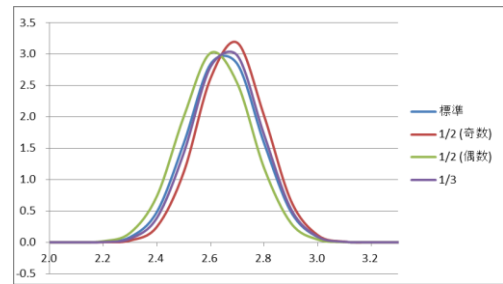
242054



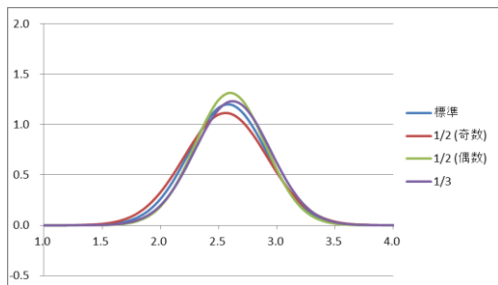
242467



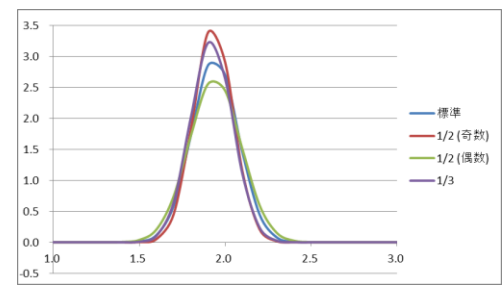
242616



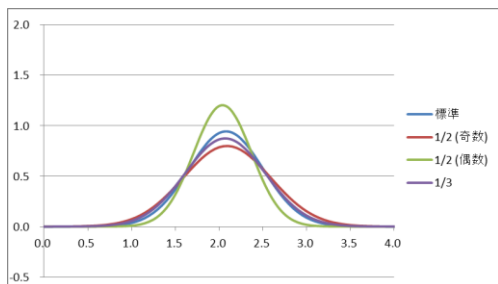
242146



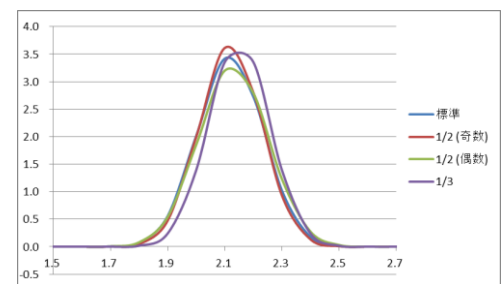
242487



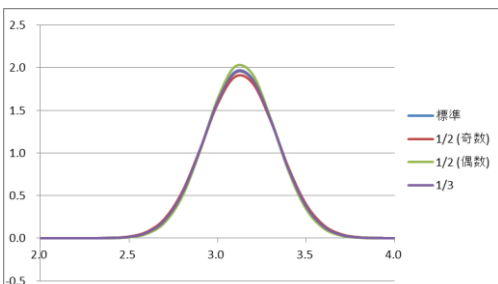
340985



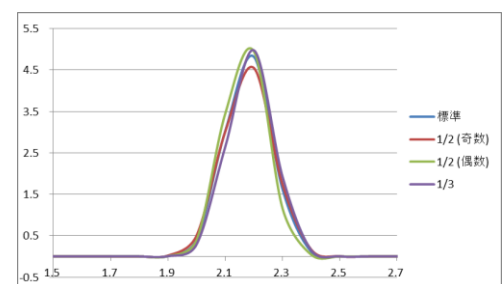
341092



341083



341172



今回、新たな検証として、標準サンプルに於けるデータの分布のばらつきとインクリメント数を2分の1（奇数グループ）、2分の1（偶数グループ）、3分の1に減じた場合のデータの分布のばらつきを比較する為、各々の変動係数(CV)を求めて一覧化した。その結果を以下の表2に示す。

表 2. ロット別変動係数(CV)一覧

Ref. No.	標準	2分の1（奇数グループ）	2分の1（偶数グループ）	3分の1
	変動係数(CV)	変動係数(CV)	変動係数(CV)	変動係数(CV)
142795	0.1693	0.1945	0.1362	0.1493
143051	0.0954	0.0957	0.0955	0.0991
142796	0.1773	0.1828	0.1713	0.1727
241350	0.0564	0.0572	0.0553	0.0545
240857	0.0711	0.0722	0.0696	0.0817
240584	0.0753	0.0781	0.0724	0.0859
240987	0.0469	0.0493	0.0444	0.0410
240661	0.1781	0.1708	0.1812	0.1321
240500	0.0634	0.058	0.0653	0.0487
240123	0.1246	0.1110	0.1328	0.1374
143203	0.2689	0.3041	0.1775	0.2943
242054	0.040	0.0453	0.0341	0.0533
242467	0.1253	0.1041	0.1395	0.1717
242616	0.0492	0.0462	0.0498	0.0479
242146	0.1286	0.1396	0.1167	0.1235
242487	0.0688	0.0589	0.0776	0.0636
340985	0.2031	0.2387	0.1623	0.2204
341092	0.0542	0.0512	0.0567	0.0495
341083	0.0645	0.0665	0.0624	0.0648
341172	0.0368	0.0391	0.0342	0.0363

正規分布グラフでの比較検証に於いてグラフ挙動に多少のズレを生じるロットは、変動係数での比較検証でも標準の変動係数と僅かながら数値差が生じているが、その他のロットに関しては、標準の変動係数とインクリメントを減じた変動係数とが概ね一致する事が認められた。数値の近似具合から鑑みると、3分の1に減じたケースよりも2分の1に減じたケースの方が標準データの分布のばらつきの再現性は高いと考えられた。

以上の検証結果を総合すると、現行サンプリング手法で50インクリメント以上を採取するサンプリングに於いては、サンプリング個数を半減できる可能性が伺えた。

上記を踏まえ、現行サンプリング手法をベースとした改正案を以下の内容で策定した。

【サンプリング改正案】

【共通事項】

W : 1 船の積載見込塩量 (トン) = ロットの大きさ

w : 当該ハッチの積載見込塩量 (トン)

n : 当該ハッチから抽出する層数 (原則 5 層)

* デュープリキットサンプリング手法は継承

(1) ハッチ・サンプリング (各ハッチ各層から採取するインクリメント個数)

- (イ) $50w \div nW$ …… ロット(W) $\geq 20,000$ トンの場合
(ロ) $w \div 400n$ …… $10,000$ トン \leq ロット(W) $\leq 20,000$ トンの場合
(ハ) $25w \div nW$ …… ロット(W) $< 10,000$ トンの場合

* 1 インクリメントの大きさ : 1 kg

但し、JIS M 8100 (粉塊混合物—サンプリング方法通則) に規定されるスコップ番号 20 以上とし、大塊があれば破碎した上で採取する。

(2) ベルトコンベア・サンプリング (1 船単位のインクリメント個数)

* ベルトコンベア・サンプリングは現行手法を継承

- (イ) 50 …… ロット(W) $\geq 20,000$ トンの場合
(ロ) $W \div 400$ …… $8,000$ トン \leq ロット(W) $\leq 20,000$ トンの場合
(ハ) 20 …… ロット(W) $< 8,000$ トンの場合

* 1 インクリメントの大きさ : 1 kg 以上

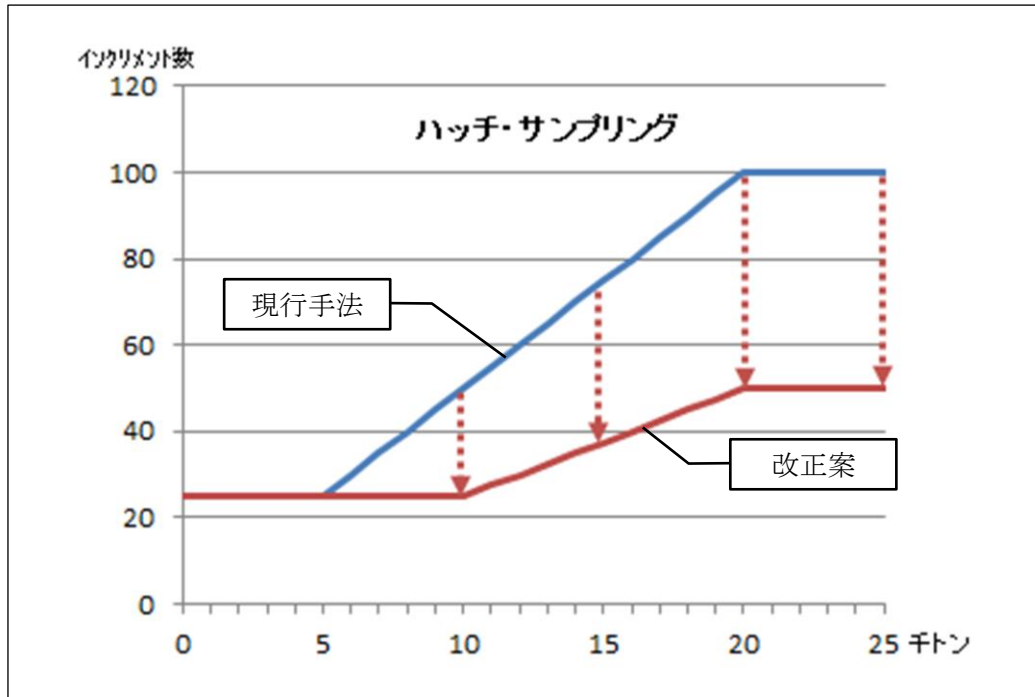
《改正案解説》

過去の検証に於いて 50 インクリメント以上を採取するロットに関しインクリメント数を半減させる可能が見出されている事から、ハッチ・サンプリング法に関しては、現行サンプリング手法で 50 インクリメントの採取起点となるロット数量 10,000 トン以上に対し、インクリメント個数を半減する改正を加えた。その結果、ロット数量 10,000 トンで採取されるインクリメント個数がハッチ・サンプリング法の最低インクリメント個数 25 個となる為、最低インクリメント個数 25 個の適用ロット数量も改正を加えた。更に、ロット数量 20,000 トン以上のハッチ・サンプリング法で設定されている最大インクリメント個数 100 個も 50 個の半減個数を適用させる改正も加えた。

一方、ベルトコンベア・サンプリング法の場合、現行サンプリング手法で 50 インクリメントの採取起点となるロット数量が 25,000 トンとなっており、これ以上のロット数量に対しては、最大インクリメント個数 50 個が適用されるが、ロット数量 25,000 トン未満では、採取インクリメント個数は 50 個を下回っている。50 インクリメント未満のサンプリングに関しては、インクリメント数の減量について検証されていない為、ベルトコンベア・サンプリング法に関しては、改正は考慮せず、現行手法を継承する事とした。

以下の図 2 にてハッチ・サンプリングの現行手法と改正案の比較を示す。

図 2. ハッチ・サンプリングの現行手法と改正案の比較



5. 考察及び結論

過去の検証結果を基にハッチ・サンプリングに関する改正案を策定してみたが、ここでは、実務的な側面からの考察を加える。

当考察では、便宜上、5ハッチに積み分けられた 22,000 トンの輸入塩のハッチ・サンプリングを実施すると仮定して検証を進めるが、各ハッチへの積み分け数量の内訳は、以下の通りと設定する。尚、各ハッチ 5 層からのサンプリングを実施するものとする。

[ハッチ別積載量内訳]

No.1 ハッチ …………… 3,000 トン

No.2 - 4 ハッチ …… 各 5,000 トン

No.5 ハッチ …………… 4,000 トン

合計： 22,000 トン

各ハッチで採取すべきインクリメント個数は、上記改訂案より、以下の算定式が適用される。

$$(イ) \frac{50w}{nW} \dots\dots\dots \text{ロット}(W) \geq 20,000 \text{ トンの場合}$$

この計算式で求まる各ハッチ各層から採取するインクリメント個数は、以下の通り。

No.1 ハッチ …………… 1.36 ≒ 2 個

No.2 - 4 ハッチ …… 2.27 ≒ 3 個

No.5 ハッチ …………… 1.82 ≒ 2 個

一方、現行手法で求めた各ハッチ各層から採取するインクリメント個数は以下の通り。

No.1 ハッチ …………… 2.27 ≒ 3 個

No.2 - 4 ハッチ …… 4.55 ≒ 5 個

No.5 ハッチ …………… 3.64 ≒ 4 個

上記の比較で判る通り、各ハッチ各層から採取すべきインクリメント数は、現行手法でも十分に小さい為、更に減量した改正案では、層内に生じる偏りの影響を強く受ける可能性が否定できない。各ハッチ各層から適切に代表サンプルを抽出していく事を鑑みると、現行手法よりインクリメント数を減じる事は控えるべきと思料された。

以上を総合的に判断すると、当会の検証では、インクリメント数の更なる減量化が図れる可能性が示唆されたが、サンプリング実務から鑑みると、サンプリング誤差を増加させる要因にも成り得る事から、現行サンプリング手法を改正する必要は無いとの結論に至った。

6. おわりに

本事業では、輸入塩のサンプリングをテーマに、インクリメント個数を減じてもサンプリング精度を維持できる妥当性のある最少インクリメント質量について調査/検証を進めてきたが、サンプリング精度を維持するという命題に於いて、現行サンプリング手法を超える新たな手法を見出すには至らなかった。

将来的に新たなサンプリング技法が確立される等の何らかの技術的ブレークスルーが無い限り、現行手法を維持する事で問題無いとの結論に至った為、本報告書の発行を以って当公益事業を終了する。

謝辞

本公益事業に多大なる御支援を賜りました関係各位には、この場を借りて厚く御礼申し上げます。