

令和4年度(2022年度)版

事業概要

(令和3年度(2021年度)実績)

北海道八雲食肉衛生検査所

目 次

第1章 北海道八雲食肉衛生検査所の概要

1 沿革	1
2 組織	1
3 事務分掌	1
4 施設の概要	
(1)と畜場の配置図	2
(2)と畜場の詳細	2
(3)案内図	3
(4)庁舎平面図	3

第2章 と畜検査業務の概要

1 年度別検査頭数	
(1)日本フードパッカー(株)道南工場と畜場	4
(2)名北ミート(株)函館工場	4
2 月別検査頭数	
(1)日本フードパッカー(株)道南工場と畜場	5
(2)名北ミート(株)函館工場	5
3 産地別検査頭数	6
4 産地別検査頭数割合(牛・豚)	
(1)日本フードパッカー(株)道南工場と畜場	7
(2)名北ミート(株)函館工場	7
5 と畜検査結果及び措置状況	
(1)全部廃棄及びとさつ・解体禁止	
ア 日本フードパッカー(株)道南工場と畜場	8
イ 名北ミート(株)函館工場	8
(2)一部廃棄	
ア 日本フードパッカー(株)道南工場と畜場	9
イ 名北ミート(株)函館工場	10
6 病畜検査頭数	
(1)病畜と室使用状況	14

第3章 試験検査業務の概要

1 精密検査	
(1)項目別検査	15
(2)エキノコックス症の検査	15
2 抗菌性物質等検査	
(1)抗生物質	15
3 食肉等の衛生管理に関する検査	16
4 BSEスクリーニング検査	16
5 調査研究に関する検査	16

第4章 食肉衛生対策業務の概要

1 衛生監視指導状況	
(1)と畜場	17
(2)附帯施設等	17
2 衛生教育と啓発	17

第5章 食肉検査データの還元状況

第6章 その他の業務

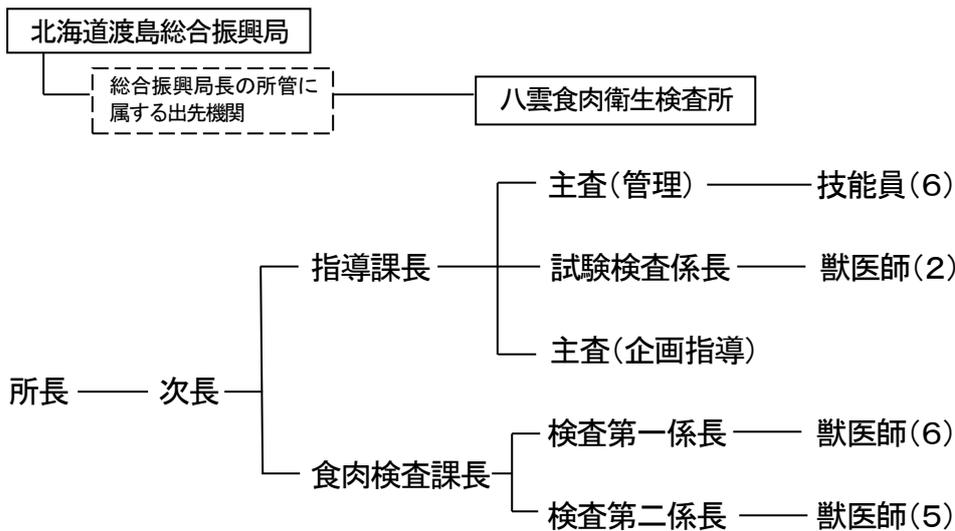
1 職員研修会及び技術研修会	
(1)職員研修会の開催	18
(2)各種技術研修会・会議等の出席状況	18
2 検体採取依頼状況	18
3 調査研究	
と畜場の枝肉冷蔵保管工程における微生物学的危害の評価	19
牛における冷蔵庫設定温度と冷蔵庫内枝肉モモ芯部温度との関連性	23
と畜場の枝肉冷蔵保管工程における管理基準の検討	27
YOLO v3を用いた白血病診断AIの試作「(Yolo v3を利用した)画像認識AIの細胞診断への応用」	30
物体検出AIの細胞診断への応用	31

第1章 北海道八雲食肉衛生検査所の概要

1 沿革

- 昭和40年 12月 八雲町立道南畜肉センターが設置され、北海道八雲保健所衛生課食品乳肉係が食肉検査業務を所掌。
- 昭和51年 1月 同センターが道南日本ハム(株)に譲渡され、道南日本ハム(株)と畜場を開設。
- 昭和61年 5月 検査頭数の増加に伴い、衛生課に食肉検査係を新設。
- 平成5年 4月 検査体制を強化するため、「北海道八雲保健所 八雲食肉検査事務所」(保健所地方機関)を設置。
- 平成8年 7月 道南日本ハム(株)等日本ハムグループ食肉処理会社が合併し、日本フードパッカー(株)を設立。
- 平成10年 4月 道立保健所再編整備に伴う機構改革により、「北海道八雲食肉衛生検査所」と名称変更し、保健所長の所管に属する出先機関として機能強化。
- 平成16年 4月 支庁組織機構の見直しにより、北海道渡島保健福祉事務所の所管に属する出先機関に改正。
- 平成17年 4月 渡島保健所森支所から(株)ムッターハム函館工場の食肉検査業務が移管。
- 平成17年 10月 (株)ムッターハム函館工場が廃止され、(株)坂本商事が同所に(株)坂本商事函館工場を開設。
- 平成21年 4月 (株)坂本商事函館工場が廃止され、名北ミート(株)が同所に名北ミート(株)函館工場を開設。
- 平成22年 4月 道の組織改正により、北海道渡島総合振興局長の所管に属する出先機関に改正。

2 組織 (令和3年4月1日現在の定員数)



3 事務分掌

- 指導課
 - ・検査所の管理運営及び庶務に関すること。
 - ・試験検査に関すること。
 - ・調査・研究に関すること。
 - ・検査業務管理に関すること。
 - ・と畜場の衛生管理に関すること。
 - ・食肉衛生に係る情報の収集、分析及び提供に関すること。
 - ・関係機関・団体等との連携に係る企画立案に関すること。
 - ・職員に対する専門的研修等に係る企画立案に関すること。
- 食肉検査課
 - ・と畜場法に係る許認可事務等に関すること。
 - ・と畜検査に関すること。
 - ・汚水、汚物処理施設、化製場の監視指導に関すること。
 - ・食品衛生に関すること。
 - ・水の衛生に関すること。

4 施設の概要

(1) と畜場の配置図



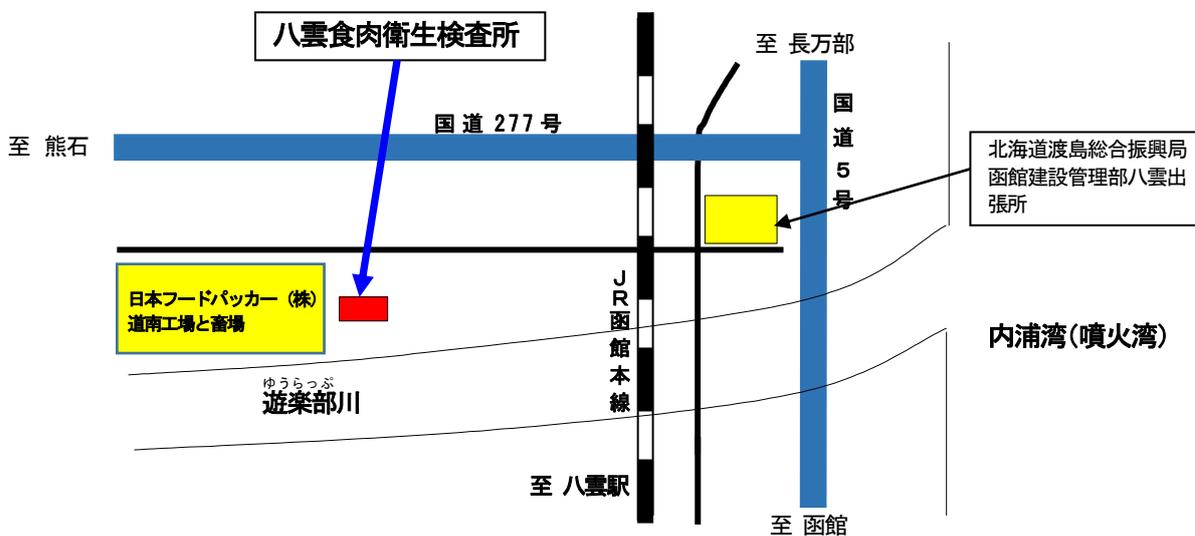
(2) と畜場の詳細

と畜場名	検査機関名	所在地	指定 番号	一般・簡 易の別	処理能力 (小動物換算※)	設置 許可年
日本フードパッカー(株) 道南工場と畜場	北海道八雲食肉衛生 検査所	二海郡八雲町 立岩 356 番地	46	一般	1,090 頭/日	平成 8 年
名北ミート(株)函館工場		茅部郡森町字 姫川 121 番地の 1	5	一般	105 頭/日	平成 21 年

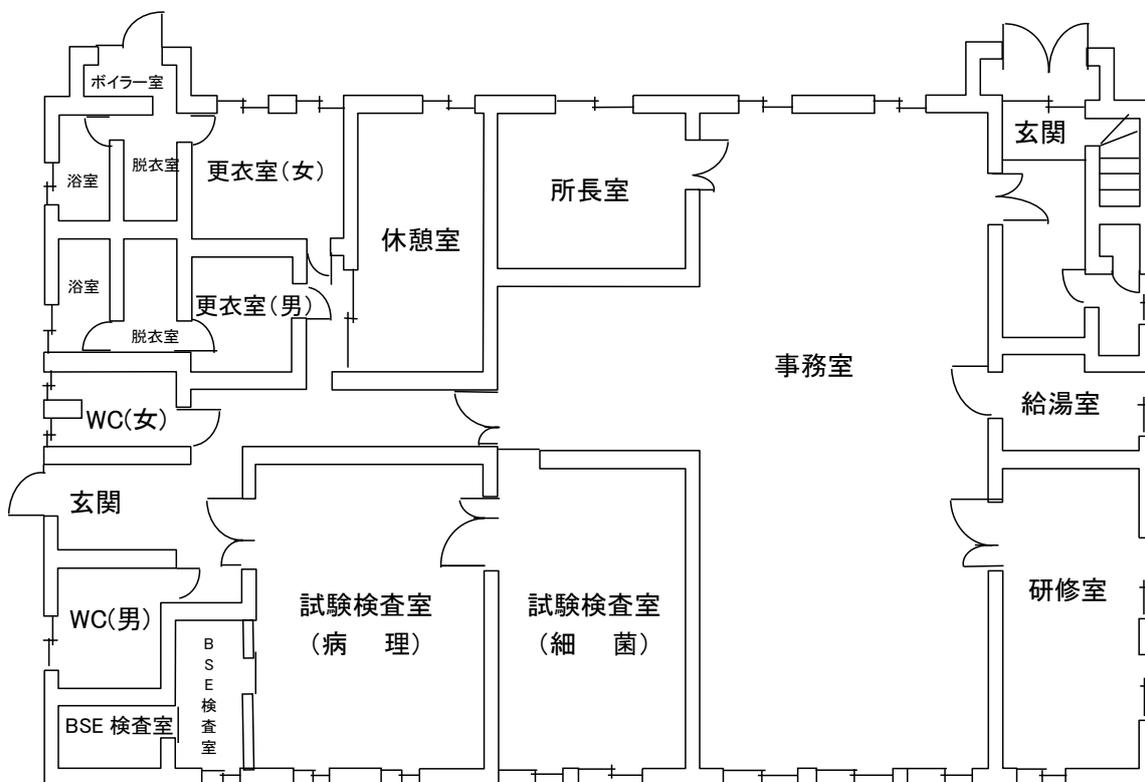
※ 小動物換算頭数=(牛(1ヶ月以上)+馬)×3+その他の畜種。以下同じ。

(3) 案内図

所在地： 〒049-3123 北海道二海郡八雲町立岩 356 (TEL: 0137-63-2480 FAX: 0137-63-2490)



(4) 庁舎平面図



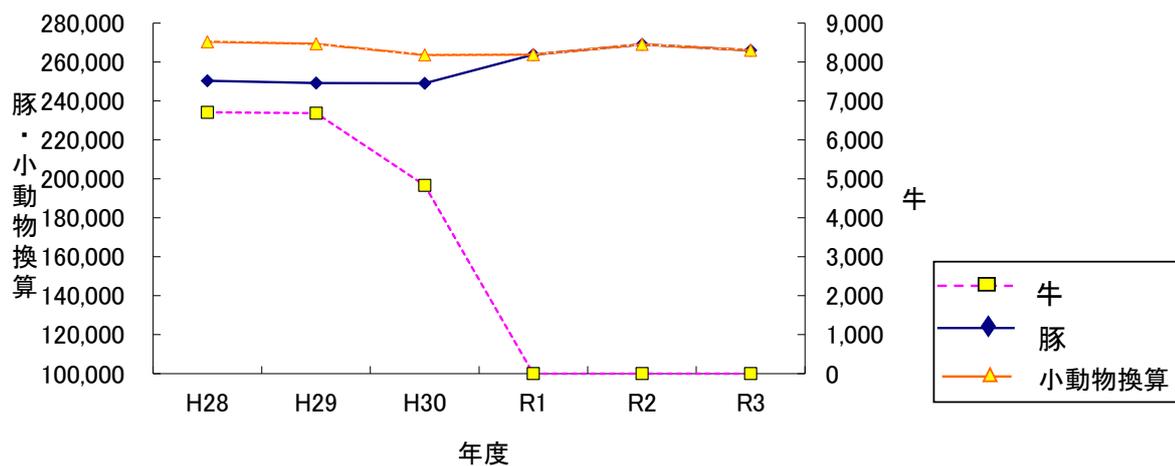
建物面積 379m²
建物構造 木造

第2章 と畜検査業務の概要

1 年度別検査頭数

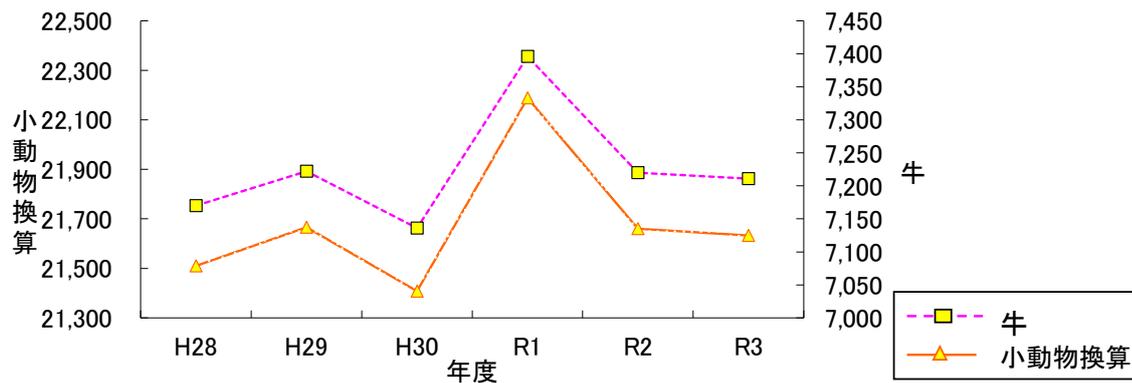
(1) 日本フードパッカー(株)道南工場と畜場

畜種 年度	牛						馬			豚	めん羊	山羊	合計	小動物 換算頭数
	肉用種	乳用種		1年以上 1年未満	1月 未満	牛 小計	1年 以上	1年 未満	馬 小計					
		肥育	その他											
H28	57	542	5,693	419	0	6,711	0	0	0	250,318	0	0	257,029	270,451
H29	79	546	5,734	332	0	6,691	0	0	0	249,273	0	0	255,964	269,346
H30	70	294	4,205	264	0	4,833	0	0	0	249,100	0	0	253,933	263,599
R1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	263,761	0	0	263,761	263,761
R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	269,050	0	0	269,050	269,050
R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	266,012	0	0	266,012	266,012



(2) 名北ミート(株)函館工場

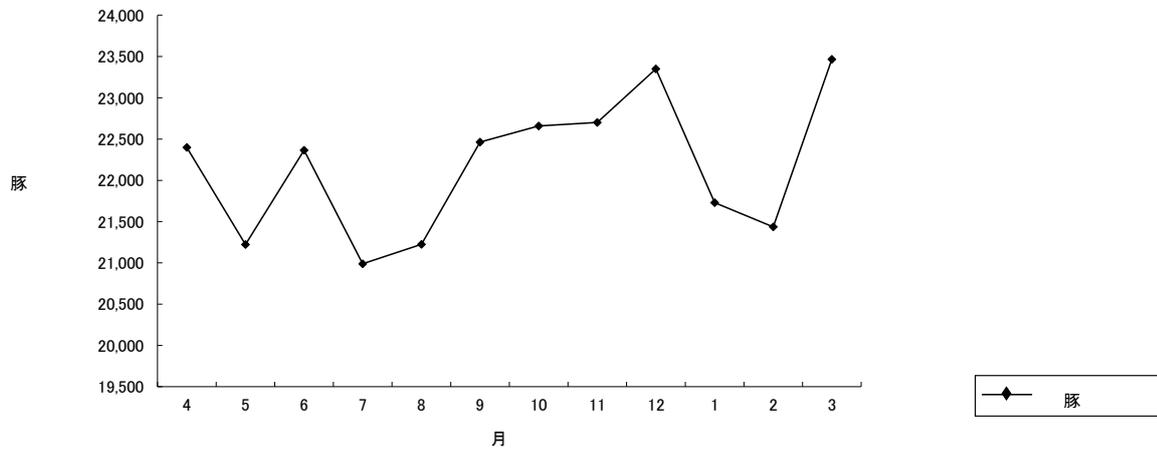
畜種 年度	牛						馬			豚	めん羊	山羊	合計	小動物 換算頭数
	肉用種	乳用種		1年以上 1年未満	1月 未満	牛 小計	1年 以上	1年 未満	馬 小計					
		肥育	その他											
H28	1,080	5,824	131	135	0	7,170	0	0	0	0	0	0	7,170	21,510
H29	1,174	5,858	86	104	0	7,222	0	0	0	0	0	0	7,222	21,666
H30	1,176	5,737	117	106	0	7,136	0	0	0	0	0	0	7,136	21,408
R1	1,192	5,607	462	135	0	7,396	0	0	0	0	0	0	7,396	22,188
R2	1,128	5,496	484	112	0	7,220	0	0	0	0	0	0	7,220	21,660
R3	1,156	5,560	411	84	0	7,211	0	0	0	0	0	0	7,211	21,633



2 月別検査頭数

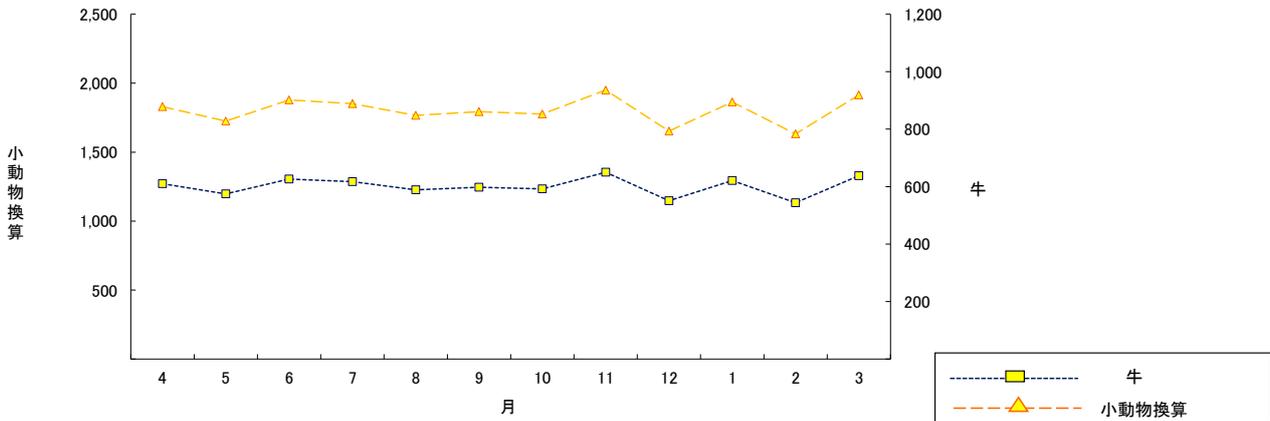
(1) 日本フードパッカー(株)道南工場と畜場

畜種 月	牛					馬			豚	めん羊	山羊	合計	小動物 換算 頭数	開場日数	
	肉用種	1年以上		1月以上 1年未満	1月 未満	牛 小計	1年以上	1年未満							馬 小計
		乳用種 肥育	その他												
4									22,399			22,399	22,399	21	
5									21,222			21,222	21,222	20	
6									22,366			22,366	22,366	21	
7									20,989			20,989	20,989	20	
8									21,224			21,224	21,224	20	
9									22,464			22,464	22,464	21	
10									22,660			22,660	22,660	21	
11									22,701			22,701	22,701	21	
12									23,351			23,351	23,351	22	
1									21,731			21,731	21,731	20	
2									21,437			21,437	21,437	20	
3									23,468			23,468	23,468	22	
計									266,012			266,012	266,012	249	



(2) 名北ミート(株)函館工場

畜種 月	牛					馬			豚	めん羊	山羊	合計	小動物 換算 頭数	開場日数	
	肉用種	1年以上		1月以上 1年未満	1月 未満	牛 小計	1年以上	1年未満							馬 小計
		乳用種 肥育	その他												
4	96	472	33	9	610							610	1,830	21	
5	100	449	21	5	575							575	1,725	18	
6	109	483	25	9	626							626	1,878	22	
7	97	486	25	9	617							617	1,851	20	
8	95	466	28	28	589							589	1,767	21	
9	78	478	29	13	598							598	1,794	20	
10	85	461	44	2	592							592	1,776	21	
11	147	459	39	5	650							650	1,950	20	
12	71	419	48	13	551							551	1,653	17	
1	81	498	39	3	621							621	1,863	19	
2	90	412	35	7	544							544	1,632	18	
3	107	477	45	9	638							638	1,914	22	
計	1,156	5,560	411	84	7,211							7,211	21,633	239	



4 産地別検査頭数割合(牛・豚)

(1) 日本フードパッカー(株)道南工場と畜場

産地	豚	
	頭数	%
石狩管内計		
渡島管内計	139,876	52.6
檜山管内計	19,824	7.5
後志管内計	60,849	22.9
空知管内計		
上川管内計		
留萌管内計		
宗谷管内計		
オホーツク管内計		
胆振管内計	36,115	13.6
日高管内計	9,348	3.5
十勝管内計		
釧路管内計		
根室管内計		
道外等計		
合計	266,012	

(2) 名北ミート(株)函館工場

産地	区分		牛(1年以上)				牛(1年未満)		合計	%
	肉用種		乳用種							
	頭数	%	肥育		その他		頭数	%		
	頭数	%	頭数	%	頭数	%	頭数	%		
石狩管内計	5	0.4			5	1.2			10	0.1
渡島管内計	269	23.3	2,249	40.4	82	20.0	1	1.2	2,601	36.1
檜山管内計	294	25.4	1,343	24.2	130	31.6	5	6.0	1,772	24.6
後志管内計	1	0.1	14	0.3	2	0.5			17	0.2
空知管内計	6	0.5							6	0.1
上川管内計	439	38.0	808	14.5	9	2.2	66	78.6	1,322	18.3
留萌管内計	5	0.4							5	0.1
宗谷管内計										
オホーツク管内計			1	0.0	1	0.2			2	0.0
胆振管内計	23	2.0			3	0.7			26	0.4
日高管内計	109	9.4	4	0.1	74	18.0	9	10.7	196	2.7
十勝管内計			1,141	20.5	3	0.7	3	3.6	1,147	15.9
釧路管内計										
根室管内計										
道外等計	5	0.4			102	24.8			107	1.5
合計	1,156		5,560		411		84		7,211	

5 と畜検査結果及び措置状況

(1) 全部廃棄及びとさつ・解体禁止

ア 日本フードパッカー(株)道南工場と畜場

①全部廃棄

畜種 疾病別	牛 (1年以上)	牛 (1年未満)	豚	馬	めん羊 山羊	計
敗血症	0	0	19	0	0	19
高度の水腫	0	0	4	0	0	4
高度の黄疸	0	0	2	0	0	2
白血病	0	0	12	0	0	12
膿毒症	0	0	31	0	0	31
豚丹毒	0	0	1	0	0	1
合計	0	0	69	0	0	69

②とさつ禁止

該当なし。

イ 名北ミート(株)函館工場

①全部廃棄

畜種 疾病別	牛 (1年以上)	牛 (1年未満)	豚	馬	めん羊 山羊	計
敗血症	8	1	0	0	0	9
高度の水腫	31	4	0	0	0	35
高度の黄疸	5	0	0	0	0	5
膿毒症	2	0	0	0	0	2
尿毒症	1	0	0	0	0	1
牛伝染性リンパ腫	11	1	0	0	0	12
合計	58	6	0	0	0	64

②とさつ禁止

該当なし。

6 病畜検査頭数

(1) 病畜と室使用状況

なし

第3章 試験検査業務の概要

1 精密検査

(1) 項目別検査

項目 畜種	頭数	検体数	件数内訳				延件数	検査後措置		
			病理	細菌	理化学	寄生虫		と殺禁止	全部廃棄	一部廃棄
牛 (1年以上)	16	28	8	0	20	0	28	0	7	9
牛 (1年未満)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
馬	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
豚	85	252	105	141	6	0	252	0	32	53
めん羊・山羊	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	101	280	113	141	26	0	280	0	39	62

(2) エキノコックス症の検査（病理の一部再掲）

項目 畜種	頭数	検体数	検査結果	
			陽性頭数	陰性頭数
牛	0	0	0	0
馬	0	0	0	0
豚	0	0	0	0
めん羊・山羊	0	0	0	0
合計	0	0	0	0

2 抗菌性物質等検査

(1) 抗生物質

項目 畜種	頭数	検体数	件数	陽性頭数
牛 (1年以上)	14 (8)	14 (8)	42 (24)	0 (0)
	14 (8)	14 (8)	42 (24)	0 (0)
牛 (1年未満)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
馬	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
豚	45 (18)	45 (18)	135 (54)	0 (0)
	45 (18)	45 (18)	135 (54)	0 (0)
めん羊・山羊	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
合計	59 (26)	59 (26)	177 (78)	0 (0)
	59 (26)	59 (26)	177 (78)	0 (0)

- ①術式は簡易検査法
- ②下段はモニタリング検査の再掲
- ③()は他機関からの依頼数（再掲；上川総合振興局名寄地域保健室・日高食肉衛生検査所分）

3 食肉等の衛生管理に関する検査

(1) 外部検証のための微生物検査（検体数）

検査回数 18回／年

区分	牛	豚	鶏	合計
一般細菌数	60	60	20	140
腸内細菌科菌群数	60	60	20	140
合計	120	120	40	280

※「鶏」は深川保健所、室蘭保健所から依頼を受けた検査分を掲載。

(2) 施設拭き取り検査（検体数）

区分	日フ	名北	合計
一般細菌数	21	16	37
大腸菌群数 (令和3年4月～12月)	10	9	19
腸内細菌科菌群数 (令和4年1月～3月)	11	7	18
合計	42	32	74

※令和3年4月～12月までの検査項目：一般細菌数、大腸菌群数

令和4年1月～3月までの検査項目：一般細菌数、腸内細菌科菌群数

(外部検証に係る微生物検査の検査項目に統一)

4 BSEスクリーニング検査

畜種	検査頭数	確認検査	陽性確定
牛	0	0	0

5 調査研究に関する検査

項目 検体	検体数	内訳				延件数
		病理	細菌	理化学	寄生虫	
枝肉	0	0	0	0	0	0
施設等	0	0	0	0	0	0

第4章 食肉衛生対策業務の概要

1 衛生監視指導状況

(1) と畜場

(単位:回)

内容	日本フードパッカー(株)道南工場	名北ミート(株)函館工場
現場検査※1	86	43
記録検査※2	10	10

※1 現場検査 と畜検査員が外部検証(と畜場法施行規則第3条第6項又は第7条第5項に基づくと畜検査員による検査又は試験をいう。以下同じ。)として実施する、と畜場の設置者等が衛生管理計画及び手順書に従い行くと畜場の衛生管理及び衛生的なとさつ・解体の実施状況の作業現場における直接確認

※2 記録検査 と畜検査員が外部検証として実施する、と畜場の設置者等が衛生管理計画及び手順書に従い作成した衛生管理の実施記録の内容の確認及び衛生的なとさつ・解体の実施状況の作業現場における直接確認

(2) 附帯施設等

(単位:回)

施設	延監視件数	
	日本フードパッカー(株)道南工場	名北ミート(株)函館工場
給水施設	1	1
汚水処理施設	1	1
化製場法8条準用施設(皮革貯蔵施設)	1	1
食品営業許可施設(食肉処理業)	2	1
食品営業許可施設(食用油脂製造業)	1	
従業員食堂	取り壊しのため実施せず	
合計	6	4

2 衛生教育と啓発

各種研修会及び会議の開催

年月日	会議・研修会名	開催地
令和4年3月	資料配付により実施	森町 八雲町

第5章 食肉検査データの還元状況

畜種	還元件数	内訳				
		生産者	行政機関	試験機関	臨床獣医師	その他
牛						
豚	175	163	12			

第6章 その他の業務

1 職員研修会及び技術研修会

(1) 職員研修会の開催

月日	研修会名又は研修内容
令和3年4月30日	食肉検査課勉強会
5月20日	食肉検査課勉強会
5月21日	職場研修(公務員倫理研修、文書管理研修、職員の新型コロナウイルス感染症対策研修)
6月18日	教育研修(外部検証)
6月25日	食肉検査課勉強会
7月19日	教育研修(外部検証)
~20日	
8月16日	教育研修(外部検証)
8月18日	食肉検査課勉強会
9月2日	食肉検査課勉強会
9月29日	教育研修(外部検証)
10月4日	食肉検査課勉強会
10月12日	教育研修(外部検証)
10月15日	職場研修(働き方改革研修、情報セキュリティ対策及びソフトウェア資産管理研修、メンタルヘルス研修)
11月1日	教育研修(外部検証)
令和4年1月13日	食肉検査課勉強会
2月1日	食肉検査課勉強会
3月18日	食肉検査課勉強会

(2) 各種技術研修会・会議等の出席状況

月日	研修・会議名	開催地
令和3年5月14日他	新規採用職員I(前期)研修	Web開催
6月25日	新任主任級研修	札幌市
~26日		
6月27日	渡島総合振興局新規採用職員研修(第1回)	函館市
6月	再任用職員研修	オンデマンド動画視聴
7月13日	渡島総合振興局新規採用職員研修	函館市
7月28日	新規採用等と畜・食鳥検査員研修会	Web開催
12月1日	新規採用職員受入研修	所内
令和4年2月9日	食品・環境衛生監視員研修会(上川)	Web開催
3月12日	渡島・檜山家畜保健衛生所・八雲食肉衛生検査所・市立函館保健所食肉検査所業務打合せ会議	Web開催
3月17日	外部検証業務研修	Web開催
3月18日	北海道立衛生研究所調査研修発表会	Web開催
3月	一元的な輸出証明書発給システム操作説明会	Youtube閲覧

2 検体採取依頼状況

研究・行政機関等から調査・研究のための採取依頼について協力。

依頼者	検体	検体数
行政機関	豚血清	20

と畜場の枝肉冷蔵保管工程における微生物学的危害の評価

北海道八雲食肉衛生検査所 笹谷優子 足立泰基 泉田真樹 ○澤尚樹 紙未千花 山本靖典

1 はじめに

平成30年6月に食品衛生法等の一部を改正する法律が公布、令和3年6月から完全施行となり、と畜場においてはHACCPによる衛生管理が必要となった。

当所所管の牛を処理するAと畜場においては、生物学的危害を制御するため、枝肉の冷蔵保管工程を重要管理点(CCP)に設定し、その管理基準(CL)は枝肉冷蔵庫の庫内温度(以下「庫内温度」という)10℃以下としている。しかし、枝肉冷蔵庫は慣例的に-5℃設定で管理し、庫内温度は0℃前後で推移している等、CLの設定根拠は曖昧であった。そこで、科学的根拠に基づいたCLを検討するため、最も微生物汚染のリスクが高いと考えられる枝肉表面における細菌の増殖を統計学的に推測し、枝肉冷蔵庫内の適正温度について検証した。

2 方法

(1) 冷蔵庫内の枝肉表面温度の推移の測定

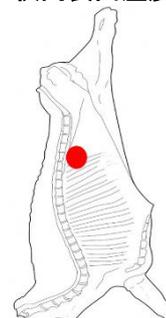
冷蔵庫内の枝肉表面における冷えにくい部位を推測するため、枝肉表面温度を複数ヶ所測定した結果、腎臓付近の腹膜表面の温度が最も高かったため、この場所を測定部位とした(第1図)。

また、冷蔵庫内の保管位置により冷却度合いに差があるか検証した。冷蔵庫は2つに分かれ内壁を挟んで左右対称となり、冷却クーラーは壁側に各2台設置されており、各4列ずつ枝肉が入るレールがある(第2図)。測定は枝肉の外側腹部に自記温度記録計を取り付け、列ごとに枝肉近傍の庫内温度の推移を計測した(第3図A)。得られたデータを用いて、両側検定を行った結果、細菌増殖に関わる有意差は認められなかったため、保管位置による庫内温度の差はないものとした。

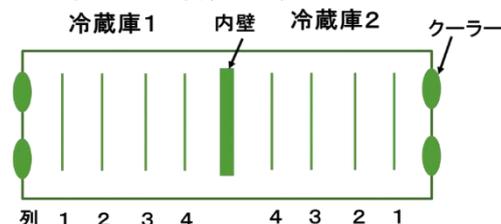
以上より、令和2年3月25日から6月17日の期間の枝肉を無作為に選択し、自記温度記録計を測定部位に腹

膜に沿って挿入後、冷蔵庫入庫直前から翌日朝までの表面温度の推移を測定した(第3図B)。(n=53:ホルスタイン種肥育牛34頭・経産牛3頭,黒毛和種肥育牛4頭・経産牛4頭,交雑種肥育牛8頭)

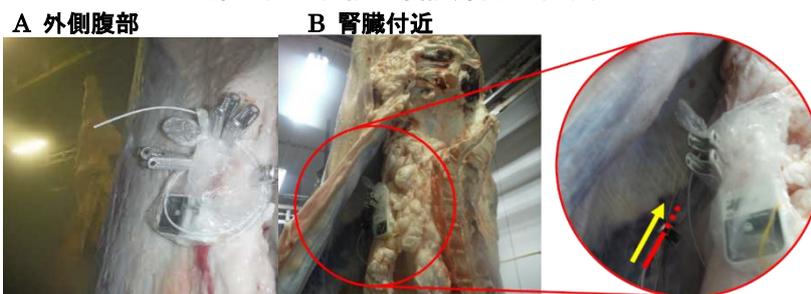
第1図 枝肉表面温度測定部位



第2図 冷蔵庫内見取り図



第3図 自記温度記録計の取り付け



(3) 枝肉表面温度の冷却曲線モデルの作成および評価

枝肉表面温度の測定データを用いて、EFSA のモデル式のパラメータを最小二乗法により推定することで、枝肉表面温度の冷却曲線モデルを作成した¹⁾。また、冷却曲線モデルは庫内温度を任意に変更したときの、枝肉表面温度を推定することが可能であるため、と畜場が CL として定めている 10°C および現状の庫内温度 0°C と CL の中間である 5°C について冷却曲線を作成した。さらに、国内において比較するべき指標等がないことから、EU において枝肉表面温度の妥当性の検証を行うため広く用いられている EU のワーストケース¹⁾ (以下「ワーストケース」という) と比較することで評価した。

(4) 細菌の増殖曲線モデルの作成および評価

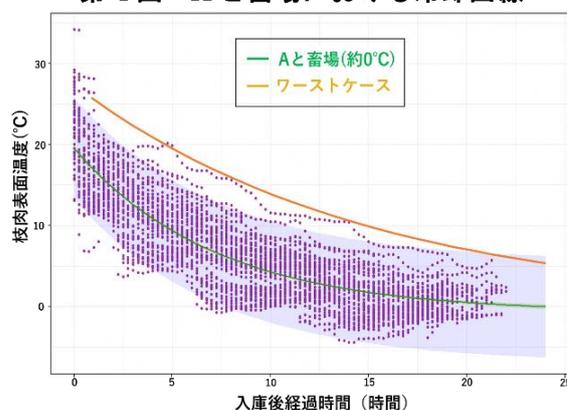
今回牛の枝肉における微生物学的危害要因であるサルモネラ属菌及び腸管出血性大腸菌並びに低温細菌であるリステリア属菌及びエルシニア属菌について検討し、各菌の増殖曲線モデルを EFSA の論文に記載された予測微生物学的手法を用いて、細菌の増殖数を推定し作成した¹⁾。また、各菌の増殖曲線モデルを冷却曲線モデルと同様に、それぞれのワーストケースと比較することで評価した。

3 結果

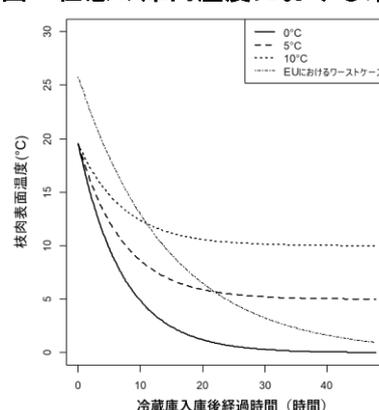
(1) 枝肉表面温度の冷却曲線モデルの作成および評価

A と畜場における実際の庫内温度 0°C における枝肉表面温度の冷却曲線は、ワーストケースと比較して約 5°C 下回って推移していた (第 4 図)。また、0°C、5°C、10°C の冷却曲線を作成した結果、0°C のときワーストケースを下回っていたが、5°C のときは約 25 時間後に、10°C のときは約 15 時間後にワーストケースを上回っていた (第 5 図)。

第 4 図 A と畜場における冷却曲線



第 5 図 任意の庫内温度における冷却曲



(2) 細菌の増殖曲線モデルの評価

ア サルモネラ属菌について

ワーストケースでは約 20 時間後に増殖が抑制されている。庫内温度 0°C のとき約 10 時間後に、5°C のとき約 15 時間後に増殖が抑制され、枝肉表面菌数 (以下「菌数」という) もワーストケースを下回った (第 6 図 A)。しかし、10°C のとき菌数は増殖し続けたため、ワーストケースより良好な結果を得るためには、5°C 以下で管理する必要があることが明らかとなった。

イ 腸管出血性大腸菌について

ワーストケースでは約 10 時間後に増殖が抑制されている。庫内温度 0℃のとき約 5 時間後に、5℃のとき約 8 時間後に増殖が抑制され、菌数もワーストケースを下回った（第 6 図 B）。しかし、10℃のとき菌数はワーストケースを下回っているが、菌数は増殖し続けていたため、長期間にわたり保管すると菌数はワーストケースを超えると思われたため、ワーストケースより良好な結果を得るためには、5℃以下で管理する必要があることが明らかとなった。

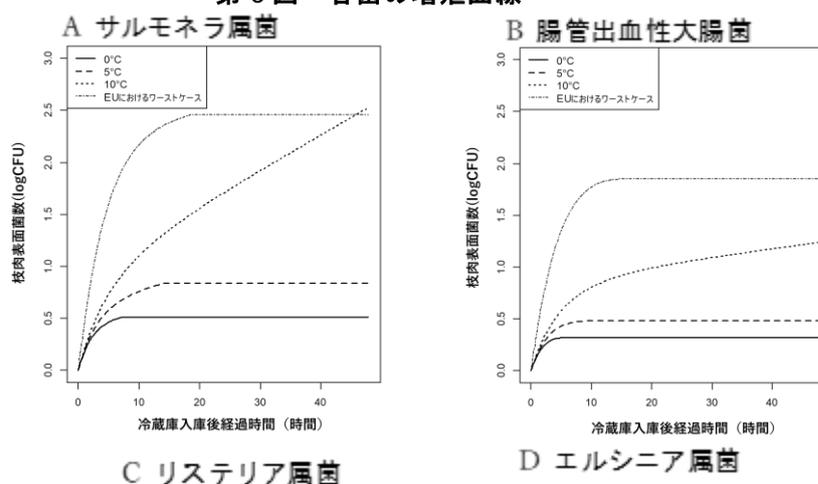
ウ リステリア属菌について

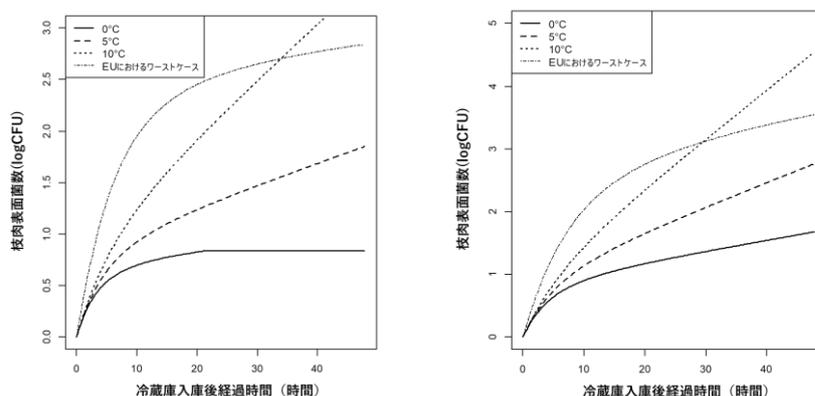
ワーストケースでは約 30 時間後に増殖速度が抑えられている。庫内温度 0℃のとき増殖は約 20 時間後に抑制され、菌数もワーストケースを下回った（第 6 図 C）。しかし、5℃のとき菌数はワーストケースを下回っているが、抑制後の増殖速度はワーストケースを上回るため、長時間にわたり保管すると菌数はワーストケースを超えると思われた。また、10℃のとき約 35 時間後に菌数がワーストケースを超えるため、ワーストケースより良好な結果を得るためには、0℃以下で管理する必要があることが明らかとなった。

エ エルシニア属菌について

ワーストケースでは約 30 時間後に増殖速度が抑えられている。庫内温度 0℃のとき約 10 時間後に増殖速度および菌数も抑えられ、ワーストケースを下回った（第 6 図 D）。しかし、5℃のとき菌数はワーストケースを下回っているが、抑制後の増殖速度はワーストケースを上回るため、長時間にわたり保管すると菌数はワーストケースを超えると思われた。また、10℃のとき約 30 時間後に菌数はワーストケースを超えるため、ワーストケースより良好な結果を得るためには、0℃以下で管理する必要があることが明らかとなった。

第 6 図 各菌の増殖曲線





4 考察

A と畜場における、各菌の増殖曲線モデルは、サルモネラ属菌および腸管出血性大腸菌については庫内温度が 5°C以下で、低温細菌であるリステリア属菌およびエルシニア属菌については 0°C以下でワーストケースと比較して良好な増殖曲線となることが推察された。これにより、現在の庫内温度である 0°C以下で管理することができれば、枝肉に関する全ての微生物学的危害要因について増殖するリスクはないと考えられた。

国内においては、と畜場の HACCP 作成のために「と畜場におけるとさつ・解体処理の衛生管理計画作成の手引書」²⁾がある。その中で、冷蔵保管工程を CCP とした場合における CL 設定の科学的根拠として、「枝肉の芯部温度が○時間以内に 10°C以下となることを実験により検証済みである」を一例としてあげている。今後、枝肉の芯部温度についてもどのように推移しているかをと畜場とともに調査し、科学的根拠に基づいた CL の設定を可能とするための一助としたい。また、冷却曲線モデルおよび細菌の増殖曲線モデルの作成は、他業種の冷却工程における CL 設定を行うための科学的根拠を得るためにも有用な手法であると思われる。さらに、実測値に基づいて作成するため、各々の冷蔵設備の冷却能力に応じた CL 設定を行うことができると考える。

5 参考文献

- 1)EFSA (BIOHAZ), EFSA Journal, 12, 3601 (2014)
- 2)公益財団法人 日本食肉生産技術開発センターホームページ, と畜場におけるとさつ・解体処理の衛生管理計画作成のための手引書 (HACCP に基づく衛生管理)

牛における冷蔵庫設定温度と冷蔵庫内枝肉モモ芯部温度との関連性

北海道八雲食肉衛生検査所 笹谷優子 足立泰基 泉田真樹 ○紙未千花 澤尚樹 山本靖典

1 はじめに

令和3年6月から HACCP が完全施行となり、と畜場には今まで以上に適切な食肉の管理が求められる。安心・安全な食肉の提供には重要管理点（CCP）及び管理基準（CL）の設定を行い、危害を確実に除去する必要がある。と畜場で発生する可能性のある危害要因には、病原性微生物汚染などが想定される¹⁾。と畜処理の際、病原性微生物が重要な危害となるタイミングは外皮の接触や腸管内容物の付着による汚染、冷却不十分などによる増殖があり、中でも枝肉の冷却は世界的にも枝肉の細菌増殖に深く関わる要因の一つと言われている^{2) 3) 4)}。

牛のと畜を行っている当所所管 A と畜場では枝肉冷蔵・保管工程を重要管理点（以下、CCP）に設定し、管理基準（以下、CL）は冷蔵庫内温度が 10℃以下であることとしている。当所の先行研究において、冷蔵庫の庫内温度を 0℃以下に管理することができれば枝肉表面の微生物学的な危害はないことが検証済みだが、現状の CL 設定が枝肉芯部においても適切に管理できるものになっているのかは不明である。また、A と畜場では枝肉の冷蔵保管工程の自社基準として、カット処理前の枝肉芯部温度が 10℃以下であることとしているが、実際のカット処理前の枝肉芯部温度が 10℃以下に達しているのかの科学的検証はされていない。

「と畜場におけるとさつ解体処理の衛生管理計画作成のための手引書」（以下 HACCP 手引書）⁵⁾ には“CL の設定に当たっては科学的根拠に基づき設定することが必要である”という記載がある。例として、冷却・冷蔵保管工程の CL を挙げており、枝肉の芯部温度が何時間以内に 10℃以下となるかを実験により検証するべきである、としている⁵⁾。

そこで今回、最も筋肉が厚く冷えにくいとされる枝肉のモモ芯部を対象に、冷蔵庫搬入後に温度が 10℃以下に達するのに要する時間を検証し、その結果から科学的根拠に基づいた CL 案を設計しと畜場へ提言することで CL 設定が改正されることを目的として実験を行った。

2 材料および方法

はじめに、A と畜場のと畜処理方法を紹介する。1日に最大 35 頭を 1 クールにつき 13～16 頭ずつに分け、最大 3 クールでのと殺・解体を行っている。1 クール終了後に次のクールに入るため、クールに応じて冷蔵庫搬入時刻が異なり、同日と畜でも冷蔵庫搬入に最大 4.5 時間もの差があるため、冷却具合にも差が生まれる。冷蔵庫の設定温度は -5℃で、実際の庫内温度は 0℃前後である。カット処理はと畜から 2 日後に実施される。

(1) 実験 1

中心温度計を用いてと畜当日夕方（15:00/16:00/17:00 のいずれか 1 回）に冷蔵庫搬入後のモモ芯部温度を計測した。検体数はホルスタイン種肥育牛 7 頭、黒毛和種肥育牛 2 頭、交雑種肥育牛 5 頭、黒毛和種経産牛 2 頭、ホルスタイン種経産牛 2 頭（1 クール：6 頭、2 クール：10 頭、3 クール：2 頭）の計 18 頭であり、測定日数は 7 日間であった。

(2) 実験 2

中心温度計を用いてと畜翌日に同一枝肉のモモ芯部温度を朝夕2回、1回目:7:30頃/2回目:15:00~16:00に計測した。検体数はホルスタイン種肥育牛17頭、交雑種肥育牛8頭(1クール:12頭、2クール:13頭)の計25頭であり、測定日数は6日間であった。

(3) 実験3

冷蔵庫搬入後のモモ芯部に自記温度記録計を設置し、モモ芯部温度が10℃以下になるまで継続して計測しました。検体数はホルスタイン種肥育牛3頭(2クール:2頭、3クール:1頭)であり、測定日数は3日間であった。

3 結果

(1) 実験1

当日夕方のモモ芯部温度は1クールと畜では29.6~34.5℃、2クールと畜では35.6~39.4℃、3クールと畜では38.5~38.8℃であった。(第1表)

第1表 当日夕方のモモ芯部温度

1クール				2クール			
経過時間	15:00	16:00	17:00	経過時間	15:00	16:00	17:00
経過時間	4.5h	5.5h	6.5h	経過時間	2h	3h	4h
枝肉①	34.3℃			枝肉⑦	35.7℃		
枝肉②		33.5℃		枝肉⑧	39.4℃		
枝肉③			34.5℃	枝肉⑨		38.3℃	
枝肉④			29.6℃	枝肉⑩		37.8℃	
枝肉⑤			33.3℃	枝肉⑪		38.6℃	
枝肉⑥			33.6℃	枝肉⑫		39.3℃	
3クール				枝肉⑬			36.1℃
経過時間	15:00	16:00	17:00	経過時間	15:00	16:00	17:00
経過時間		1h	2h	枝肉⑭			36.4℃
枝肉⑰		38.5℃		枝肉⑮			36.4℃
枝肉⑱			38.8℃	枝肉⑯			35.6℃

(2) 実験2

と畜翌日のモモ芯部温度は、1クールと畜では15:00以降(冷蔵庫搬入後28.5時間以降)は全て10℃以下であり、2クールと畜では16:00時点(冷蔵庫搬入後27時間以降)では11.9℃以下だった。(第2表)

第2表 翌日のモモ芯部温度

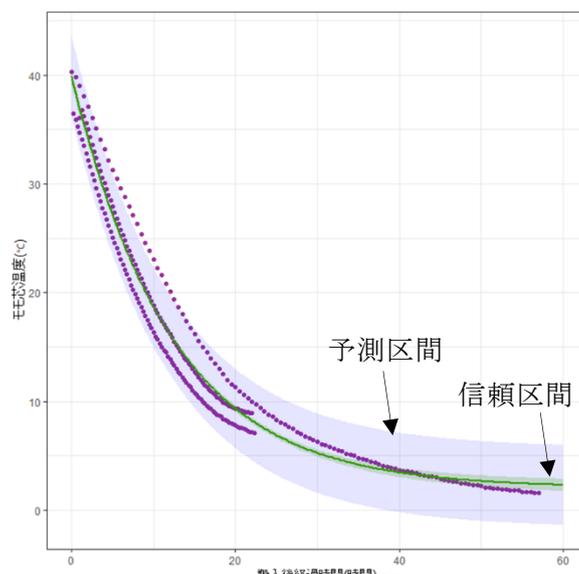
1クール				2クール					
経過時間	7:30	15:00	15:30	16:00	経過時間	7:30	15:00	15:30	16:00
経過時間	21h	28.5h	29h	29.5h	経過時間	18.5h	26h	26.5h	27h
枝肉①	10.7℃	6.6℃			枝肉⑬	12.4℃	8.0℃		
枝肉②	13.7℃	8.8℃			枝肉⑭	14.0℃	10.1℃		
枝肉③	13.2℃			8.9℃	枝肉⑮	16.7℃			11.9℃
枝肉④	13.3℃			8.6℃	枝肉⑯	15.0℃			10.3℃
枝肉⑤	12.1℃		7.3℃		枝肉⑰	15.6℃		11.3℃	
枝肉⑥	13.4℃		8.6℃		枝肉⑱	18.0℃		11.9℃	
枝肉⑦	11.6℃		8.3℃		枝肉⑲	15.4℃		10.2℃	
枝肉⑧	13.2℃		9.0℃		枝肉⑳	11.1℃		5.4℃	
枝肉⑨	9.2℃		6.1℃		枝肉㉑	16.7℃		11.9℃	
枝肉⑩	11.4℃		6.7℃		枝肉㉒	16.4℃		11.2℃	
枝肉⑪	13.4℃	8.9℃			枝肉㉓	15.3℃	10.4℃		
枝肉⑫	13.2℃	7.6℃			枝肉㉔	15.6℃	10.6℃		
					枝肉㉕	14.8℃	9.3℃		

(3) 実験 3

第 3 表 モモ芯部温度の推移

	時刻	19:00	～	7:00	～	9:30	～	13:00
2クール	経過時間	6h	～	18h	～	20.5h	～	24h
	枝肉①	33.2℃		15.0℃		12.5℃		10.0℃
	枝肉②	27.3℃		10.0℃		8.4℃		7.2℃
3クール	経過時間	4h	～	16h	～	18.5h	～	22h
	枝肉③	30.1℃		11.7℃		9.9℃		8.9℃

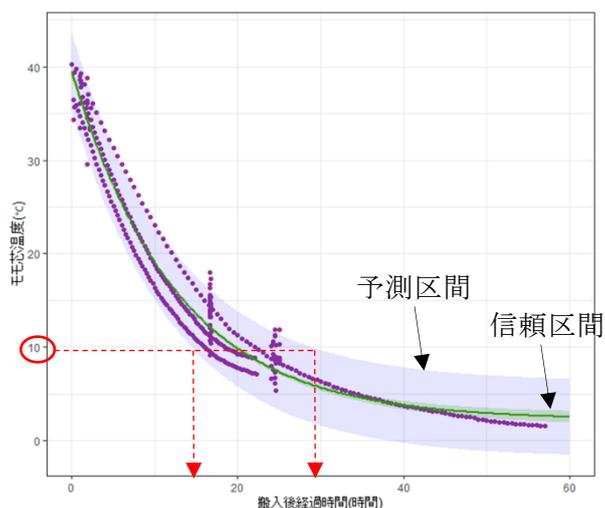
モモ芯部温度が 10℃以下となったのは冷蔵庫搬入後約 18～24 時間後ということがわかった (95%予測区間) (第 3 表・第 1 図)。



第 1 図 モモ芯部温度の推移

(4) まとめ

3 回の実験から得られたデータを用いて欧州食品安全機関のモデル式のパラメータを最小二乗法により推定することで、冷蔵庫搬入後のモモ芯部温度の冷却曲線モデルを作成した (第 2 図)。これより、モモ芯部温度が 10℃以下となるのは冷蔵庫搬入から 14.51～28.94 時間後であると推定した (95%予測区間)。



第 2 図 モモ芯部温度の推移(まとめ)

4 考察

冷蔵庫搬入から 14.51～28.94 時間後にモモ芯部温度は 10℃以下となることがわかったので、モモ芯部温度が 10℃以下となる時刻は、1クール目は翌 1:30～15:30、2クール目は翌 4:00～18:00、3クール目は翌 6:00～20:00 と推定した (第 4 表)。

第 4 表 モモ芯部温度の 10℃到達時刻

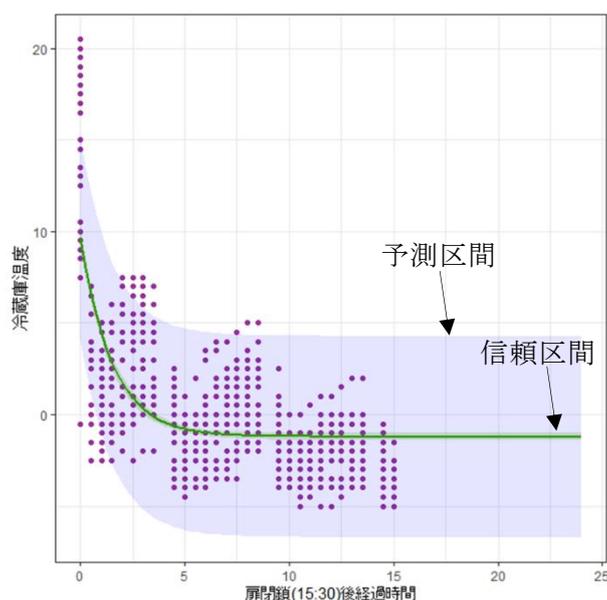
	冷蔵庫搬入時刻	10℃到達時刻
1クール	10:30	翌1:30～15:30
2クール	13:00	翌4:00～18:00
3クール	15:00	翌6:00～20:00

と畜から 2 日後のカット処理時にはモモ芯部温度は 10℃以下となっていることが確認でき、自社基準にも合致した。

また、今回の実験から、HACCP 手引書にある「枝肉の芯部温度は何時間以内に 10℃以下となることを実験により検証済み」の項目について、A と畜場では「枝肉の芯部温度は冷蔵庫搬入後、29 時間以内に 10℃以下となることを実験により検証済み」と言うことができた。

実験とは別に、すべての枝肉の搬入が済み冷蔵庫の扉を閉鎖した後の冷蔵庫内温度の推移を計測したところ、扉閉鎖（15:30）後5時間以降0℃以下で推移していることがわかった（95%信頼区間）（第3図）。

先行研究と今回の実験より、現状の温度管理ができれば問題ないことがわかった。モニタリングにはまず、冷蔵庫の設定温度を間違えていないことを確認するとともに、翌日に庫内温度が0℃以下まで下がっていることを確認する必要があるため、以下のCL案をと畜場に提言した。1つ目は、当日の枝肉搬入前（午前10:00）の冷蔵庫の設定温度が-5℃以下であること、2つ目は、枝肉入庫の翌日の作業開始前（午前7:00）の冷蔵庫の庫内温度が0℃以下であることであ



第3図 冷蔵庫内温度の推移

る。すると、と畜場はCLを案のとおり改正し、科学的根拠に基づいたCLの設定を実現できた。

5 参考文献

- 1) M A Carr et al. Chilling and Trimming Effects on the Microbial Populations of Pork Carcasses. Journal of Food Protection, Vol. 61, No.4, 1998, p.487-489(1998)
- 2) EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ). Scientific Opinion on the public health risks related to the maintenance of the cold chain during storage and transport of meat. Part 1 (meat of domestic ungulates). EFSA Journal 2014, 12(3):3601.(2014)
- 3) D.J. Bolton et al. Washing and chilling as critical control points in pork slaughter hazard analysis and critical control point(HACCP) systems. Journal of Applied Microbiology 2002, 92, p.893-902(2002)
- 4) M. Lenahan et al. The potential use of chilling to control the growth of Enterobacteriaceae on porcine carcasses and the incidence of E. coli O157:H7 in pigs. Journal of Applied Microbiology, 106, p.1512-1520(2009)
- 5) 公益財団法人日本食肉生産技術開発センター「と畜場におけるとさつ・解体処理の衛生管理計画作成のための手引書（HACCPに基づく衛生管理）」（2020年2月）

と畜場の枝肉冷蔵保管工程における管理基準の検討

北海道八雲食肉衛生検査所 笹谷優子 足立泰基 泉田真樹 ○澤尚樹 紙未千花 山本靖典

はじめに

当所所管の牛を処理する A と畜場においては、枝肉の冷蔵保管工程を重要管理点 (CCP) に設定し、管理基準 (CL) は枝肉冷蔵庫内温度 (以下「庫内温度」という) 10℃以下としている。しかし、枝肉冷蔵庫は慣例的に -5℃設定、庫内温度は 0℃前後で推移する等、CL の設定根拠は曖昧であった。そこで、科学的根拠に基づいた CL を検討するため、最も微生物汚染のリスクが高いと考えられる枝肉表面における細菌の増殖を統計学的に推測し、枝肉冷蔵庫内の温度管理について検証した。

また、「と畜場におけるとさつ・解体処理の衛生管理計画作成の手引書」[1] の中で、冷蔵保管工程を CCP とした場合における CL 設定の科学的根拠として、「枝肉の芯部温度が○時間以内に 10℃以下となることを実験により検証済みである」を一例としてあげている。これを踏まえ、筋肉が厚く最も冷えにくいと思われるモモ芯部温度の推移についても検証し、科学的根拠に基づいた CL の設定を考察し、当該と畜場に提言した。

方法

(1) 冷蔵庫内における枝肉表面温度の推移の測定

令和 2 年 3 月 25 日から 6 月 17 日の期間に自記温度記録計を事前調査において枝肉表面の冷えにくいと思われた腎臓付近の腹膜に挿入し、冷蔵庫入庫直前から翌日朝までの枝肉表面温度の推移を測定した。(n=53 : 成牛)

(2) 冷蔵庫内の枝肉モモ芯部温度の測定

令和 2 年 9 月 25 日から 11 月 16 日の期間に自記温度記録計をモモ芯部に取り付け、冷蔵庫搬入後からモモ芯部温度が 10℃以下になるまで測定した。(n=3 : 成牛)

また検体数を増やすため、令和 2 年 10 月 7 日から 11 月 11 日の期間に中心温度計を用いて、と畜当日の夕方及びと畜翌日の朝・夕方に冷蔵庫内のモモ芯部温度を測定した。(当日 n=18、翌日 n=25 : 成牛)

(3) 枝肉表面温度及び枝肉モモ芯部温度の冷却曲線の作成及び評価

(1) 及び (2) で得られた測定データを用いて、EFSA のモデル式のパラメータを最小二乗法により推定することで、枝肉表面温度及び枝肉モモ芯部温度の冷却曲線を作成し [2]、それぞれの冷却曲線における信頼区間及び予測区間を推定した [3]。また枝肉表面温度の冷却曲線については庫内温度を 0℃, 5℃, 10℃に変更した場合の曲線も推定し、作成した。これらの冷却曲線から枝肉表面温度推移の妥当性を検証するため、EU のワーストケース [2] (以下「ワーストケース」という) と比較することで評価を行った。

(4) 細菌の増殖曲線の作成及び評価

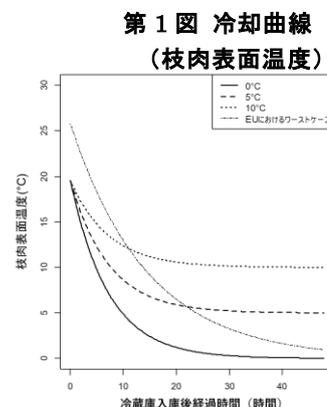
枝肉の微生物学的危害要因であるサルモネラ属菌及び腸管出血性大腸菌並びに低温細菌である

リステリア属菌及びエルシニア属菌について、枝表面温度の冷却曲線を基に予測微生物学的手法を用いて、細菌の増殖数を推定し、各菌の増殖曲線を作成した [2]。また、各菌の増殖曲線をワーストケースと比較することで評価を行った。

成績

(1) 枝肉表面温度の冷却曲線の評価

庫内温度 0℃における枝肉表面温度の冷却曲線は、ワーストケースと比較して約 5℃下回って推移していた。また庫内温度 5℃、10℃の場合の冷却曲線を作成した結果、5℃のときは約 22 時間後に、10℃のときは約 12 時間後にワーストケースを上回っていた (第 1 図)。



(2) 細菌の増殖曲線の評価

ア サルモネラ属菌について

ワーストケースでは約 20 時間後に増殖が抑制されているが、5℃のとき約 15 時間後に増殖が抑制され、枝肉表面菌数(以下「菌数」という)もワーストケースを下回った(第 2 図 A)。しかし、10℃のとき菌数は増殖し続けたため、5℃以下で管理する必要があることが分かった。

イ 腸管出血性大腸菌について

ワーストケースでは約 10 時間後に増殖が抑制され、5℃のとき約 8 時間後に増殖が抑制、菌数もワーストケースを下回った(第 2 図 B)。しかし、10℃のとき菌数は増殖し続けていたため、5℃以下で管理する必要があることが分かった。

ウ リステリア属菌について

ワーストケースでは約 30 時間後に増殖速度が抑えられているが、0℃のとき増殖は約 20 時間後に抑制され、菌数もワーストケースを下回った(第 2 図 C)。しかし、5℃のとき増殖が抑制されなため、0℃以下で管理する必要があることが分かった。

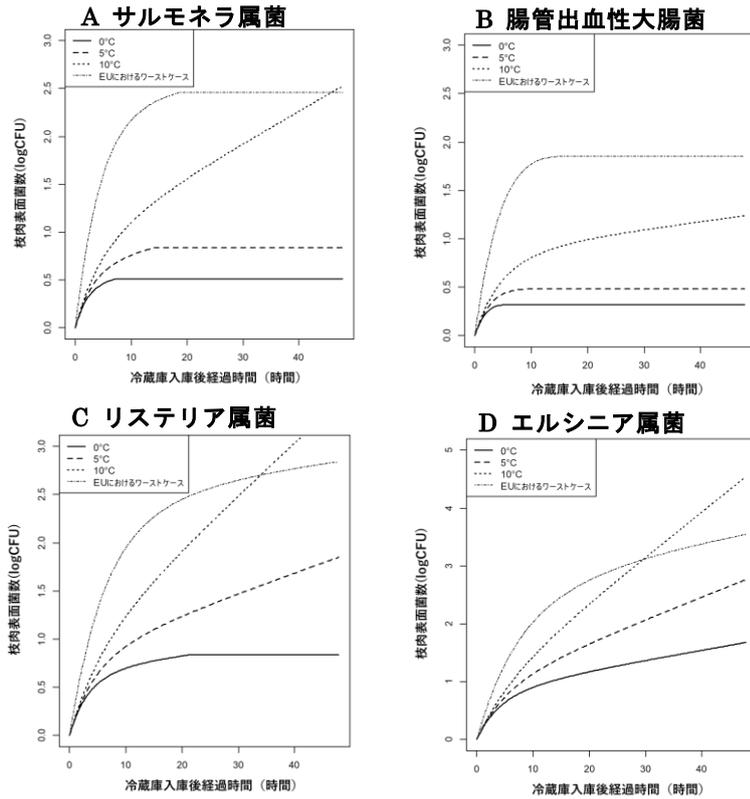
エ エルシニア属菌について

ワーストケースでは約 30 時間後に増殖速度が抑えられているが、0℃のとき約 10 時間後に増殖速度及び菌数も抑えられ、ワーストケースを下回った(第 2 図 D)。しかし、5℃のとき増殖が抑制されなため、0℃以下で管理する必要があることが分かった。

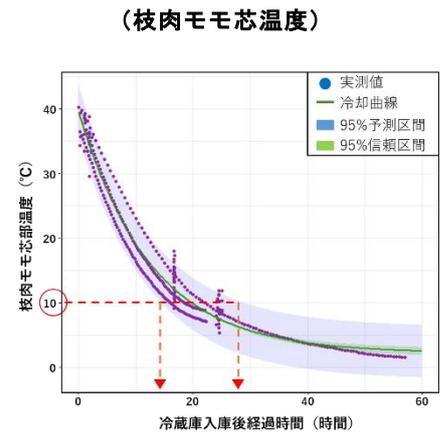
(3) 枝肉モモ芯部温度の冷却曲線の評価

庫内温度約 0℃のとき枝肉モモ芯部温度が 10℃以下となるのは、冷蔵庫搬入後 14.5 時間から 28.9 時間後と推定され、枝肉がカット場で処理される約 41 時間以降にはモモ芯部が 10℃以下となることが分かった(第 3 図)。

第2図 各菌の増殖曲線



第3図 冷却曲線



考察

サルモネラ属菌及び腸管出血性大腸菌については庫内温度が 5°C以下で、低温細菌であるリステリア属菌及びエルシニア属菌については 0°C以下でワーストケースと比較して良好となることが推察された。これにより、現在の庫内温度である 0°C以下で管理することができれば、枝肉表面における微生物学的な危害要因はないと考えられた。

まとめ

A と畜場において、冷蔵保管工程を CCP とした場合の CL 設定は現状の庫内温度 0°Cが適切と考えられた。本調査結果をと畜場に提示したところ CL は庫内温度 10°C以下の設定から 0°C以下と変更され、科学的根拠に基づく CL 設定をするための一助となった。

- 【1】 公益財団法人 日本食肉生産技術開発センターホームページ， と畜場におけるとさつ・解体処理の衛生管理計画作成のための手引書（HACCP に基づく衛生管理）
- 【2】 EFSA(BIOHAZ), EFSA Journal, 12, 3601 (2014)
- 【3】 足立： と畜場の枝肉表面温度推移の非線形回帰分析法， 日本獣医師会雑誌， [in press]

YOLO v3 を用いた白血病診断 AI の試作 「(Yolo v3 を利用した)画像認識 AI の細胞診断への応用」

北海道八雲食肉衛生検査所

○足立泰基¹⁾ 大野博士¹⁾ 今 千晴¹⁾

【背景】物体検出 AI の製作では、正解がわかっている多数の画像データ(Ground Truth と呼ばれる)と、画像を学習する能力を有するソフトウェアの両者が必要である。病理診断 AI の作製では、Ground Truth データとして病理学の専門家が診断した画像が用いられるのが一般的だが、食肉衛生検査所において Ground Truth データを大量に準備することは容易ではない。しかし、ヒトの画像診断 AI の性能測定のための Ground Truth データセットが複数公開されており、これらを利用して AI の試作を行うことは可能である。そこで、物体検出 AI の 1 つである YOLO v3 と公開されたヒトの疾病画像データを用いて、診断能力を学習させられるか否かを検討した。

【方法】ヒト急性リンパ芽球性白血病(ALL)画像データセットである ALL-IDB を学習・評価画像として用い、Python3 言語で記述された YOLO v3 のプログラムをインターネットからダウンロードして用いた。合計 368 枚の ALL-IDB 画像に含まれる健常者および ALL 患者の血液塗抹メイギムザ染色画像に腫瘍学の専門家作成のラベルデータを紐づけし、うち 271 枚を学習データとした。これら 271 枚の学習一巡を 1 回とし、3 回学習ごとに AI の学習状態を再現するためのデータを保存した。100 回学習後、この保存データで学習途上の AI を再現し、学習に用いた 271 枚に含まれない疾病画像 (ALL 細胞、非腫瘍白血球、赤血球および残渣が写っている)を AI に見せ、専門家のラベルデータと一致するかについて確認した。

【成績】学習回数に依存して、疾病細胞を正しく判定できるようになっていく傾向が見られた。

【考察】試作した AI は、診断能力を学習していると考えられる。我が国においては AI 技術者が圧倒的に不足していると言われており、公衆衛生分野への AI 活用が遅れることが懸念されるが、食肉衛生検査所職員である獣医師によっても機能的な AI を作製可能であることがわかった。当所では、物体検出 AI として精度の高い Mask RCNN 法の検討が先行しており、現在、YOLO v3 との精度比較を Cross Validation 法を用いて検討をすすめている。また、と畜検査で活用できる AI を作製するには、と畜検査で見られる疾病の Ground Truth データセットが必要であり、Ground Truth であるためにはこれらの画像に関する専門家の確定診断が必要であることから、病理診断の専門家による確定診断画像、もしくはそれらを提供可能な共同研究者を探している。

物体検出 AI の細胞診断への応用

北海道八雲食肉衛生検査所 ○足立泰基、大野博士、今 千晴

はじめに

オランダにあるラドバウド大学の Bejnordi らは、女性の乳がんについてリンパ節転移があるもの (n=110) とないもの (n=160) (あらかじめ免疫組織化学的検査で確認済み) をヘマトキシリン-エオジン染色した標本の組織学的診断結果について 32 種類の AI によるものと 11 人の病理学者の協議によるものについて比較し、2017 年に米国医師会誌 (JAMA) 上で発表した [1]。32 種類のうち 7 種類の AI は、11 人の病理学者の協議による診断よりも正確であった。すなわち、AI による医学的な検査の中には実用レベルの精度を有するものが見られる。獣医公衆衛生分野においても、AI の実用化が急速に進んでいる世の中の流れから取り残されることのないようにする必要がある。

しかし、AI の専門家とは異なると畜検査員が AI を開発することは容易ではない。AI を開発するには、AI アルゴリズムの処理を行うプログラムを動作させることとだけではなく、Ground Truth でラベルされたデータセットが必要であるが、医療用 AI において Ground Truth とは「その症例が間違いなく対象疾患である」又は、「間違いなく疾患ではない」ということを証明する証拠」と定義されており [2]、病理学者などの専門家以外の者が自力で作成するのは困難である。

そこで、すでに Ground Truth でラベルされた医学分野のデータセットを用い、まず AI アルゴリズム処理を行うプログラムを動作させるなどの AI の開発作業の部分をと畜検査員のみで実施できるかどうか検討したので報告する。

材料及び方法

データセット: ヒト急性リンパ芽球性白血病 (ALL) データセットである ALL-IDB [3] を用いた。ALL-IDB に添付された座標データに従って、腫瘍細胞および正常な有核球に矩形またはポリゴンによるアノテーション (タグ付け) を行った。アノテーションソフトウェアとして labelImg [4] (矩形用) と VIA [5] (ポリゴン用) を用いた。各画像に 1 から通しで振られた id 番号順に並べられた 368 枚の画像から 1/10 にあたる 37 枚の画像を等間隔に抜き出してテストデータとし、残った 331 枚を Group1 から Group5 までの 5 つのグループ (67+66×4) に分け、AI の学習に用いた。

学習: Google Colaboratory [6] に物体検出 AI である Mask R-CNN のライブラリ [7] を保存しさらに、keras, tensorflow-gpu などの必要なライブラリを pip コマンドでインストールして用いた。矩形とポリゴンによるアノテーションの効果の比較では、上記 Group1~Group4 を学習させ、Group5 をバリデーションデータとして損失関数の計算に用いた。最後に、Group1~5 を用いた 5-fold cross validation 法によって得られた 5 つの AI の平均精度を計算した。矩形とポリゴンの比較で矩形の精度のほうが高かったため、5-fold cross validation 法による検討では矩

形によるアノテーションを用いた。学習データを一巡学習することを1ステップと呼び、100ステップで1エポックと呼ぶ。合計100エポック学習させ、1エポックごとに学習状態(重みと呼ばれる)を保存した。全てエポックのうち、損失関数が最も低かった重みを次の推論で用いた。

推論: Windows パソコンにインストールした Docker Desktop 上に上記 Google Colaboratory と同様の環境を構築し、最も損失関数の値が小さかった重みを読み込み、37枚のテストデータに対して推論を行った。矩形とポリゴンによるアノテーションの効果の比較および、5-fold cross validation で同じ方法を用いた。

精度計算方法: 下の式によって精度を求めた。

$$\text{精度} = (\text{ALL を正しく検出した数} + \text{正常細胞を正しく検出した数}) / \text{細胞数}$$

成績

矩形とポリゴンによるアノテーションの効果の比較: 矩形によるアノテーションを用いて学習した AI の推論結果の一例を図1に、ポリゴンによるアノテーションを用いて学習した AI の推論結果の一例を図2に示す。各アノテーションで学習した AI が正しく推論した細胞数を表1に示す。矩形の場合の精度は、92.4%(110/119)、ポリゴンの場合の精度は88.2%(105/119)であった。

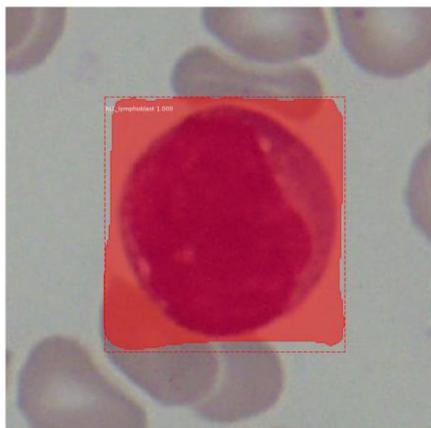


図1 矩形によるアノテーションデータを用いて学習した AI の推論結果

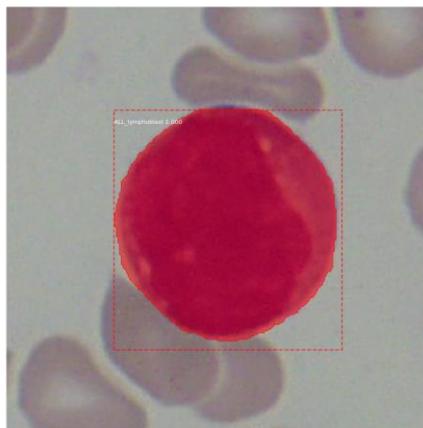


図2 ポリゴンによるアノテーションデータを用いて学習した AI の推論結果

アノテーションの方法	ALL 患者血液塗抹		健常者血球 (27 個)	計 (119 個)
	ALL 細胞(75 個)	正常細胞(17 個)		
矩形	70	14	26	110
ポリゴン	72	10	23	105

表1. 各アノテーションで学習した AI が正しく推論した細胞数

5-fold cross validation: 矩形によるアノテーションを用いて学習した場合において精度が高い傾向が見られたため、矩形によるアノテーションを用いて 5-fold cross validation による精度測定を行った。精度の平均値は 90.9% (108.2/119) であった。

考 察

90.9%の精度で判定できる AI を得ることができた。仮に牛伝染性リンパ腫の Ground Truth データセットがあるならば、同等の精度を有する AI を開発できる可能性があると考えられる。個々の細胞について 90%以上の精度で判定できるのであれば、多数の異型細胞のある標本について、誤った判定をする可能性は小さいであろう。また、適切なデータセットを用いれば、肉眼病理診断 AI も開発できるであろう。

本検討における矩形とポリゴンによるアノテーションの比較では、矩形の精度が高かった。より正確な比較のために、ポリゴンの画像についても 5-fold cross validation を行いたかったが、検討時間が足りず、断念した。ポリゴンを用いることによって精度が低下する明確な理由は見当たらないため、さらなる検討によって精度に差がないことが示される可能性もあると考える。

AI の特徴は、極めて再現性が高いことであり、同じ学習状態の AI は、同じ標本に対して常に同じ判定をする（そうならないようプログラムしない限り）。しかし食肉検査に限らず人間の判断には再現性がなく、極めて優れた人間（より具体的には検査員）を除き、同じ対象への判定がばらつく。AI を食肉検査の現場に導入することができれば、自己の食肉検査の再現性について不安がある検査員が AI に助言を求めることができるようになり、判定の再現性を担保することができるようになるだろう。

まとめ

食肉衛生検査所でも、食肉検査のための実用的な AI を開発できる可能性がある。

- [1] Bejnordi BE, et al.: Diagnostic Assessment of Deep Learning Algorithms for Detection of Lymph Node Metastasis in Women With Breast Cancer, JAMA, 318, 2199-2210 (2017)
- [2] 経済産業省, 国立研究開発法人日本医療研究開発: 医用画像診断支援システム(人工知能技術を利用するものを含む)開発ガイドライン 2019(手引き) 令和元年 12 月
- [3] Scotti F: Acute Lymphoblastic Leukemia Image Database for Image Processing, (online), <https://homes.di.unimi.it/scotti/all/>
- [4] Tzutalin D: LabelImg, (online), <https://github.com/tzutalin/labelImg/>
- [5] Dutta A, et al.: VGG Image Annotator, (online), <https://www.robots.ox.ac.uk/~vgg/software/via/>
- [6] Google LLC: Google Colaboratory, (online), <https://colab.research.google.com/>
- [7] He K, et al.: Mask R-CNN, (online), https://github.com/matterport/Mask_RCNN

令和4年度(2022年度)版 事業概要(令和3年度実績)

令和5年(2023年) 3月発行

発行：北海道八雲食肉衛生検査所

〒049-3123 北海道二海郡八雲町立岩356

TEL: 0137-63-2480 FAX: 0137-63-2490

Email: yakumoho.yakushoku1@pref.hokkaido.lg.jp

URL: <http://www.oshima.pref.hokkaido.lg.jp/ds/yse/index.htm>