

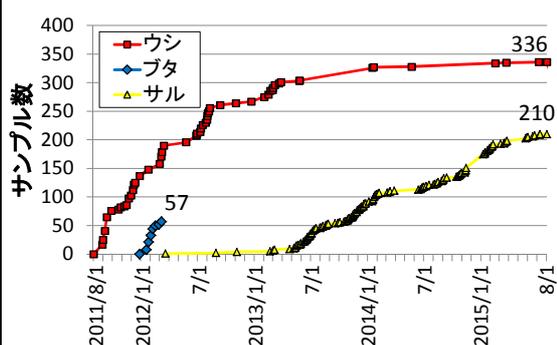
被災ウシの血漿生化学検査による 被ばく影響評価

漆原佑介^{1,2}、川角浩³、木野康志⁴、関根勉⁵、林剛平²、桑原義和²、
鈴木正敏²、山城秀昭⁶、阿部靖之⁷、福田智一⁸、小林仁⁹、磯貝恵美子⁸、
篠田壽¹⁰、新井敏郎³、福本学²

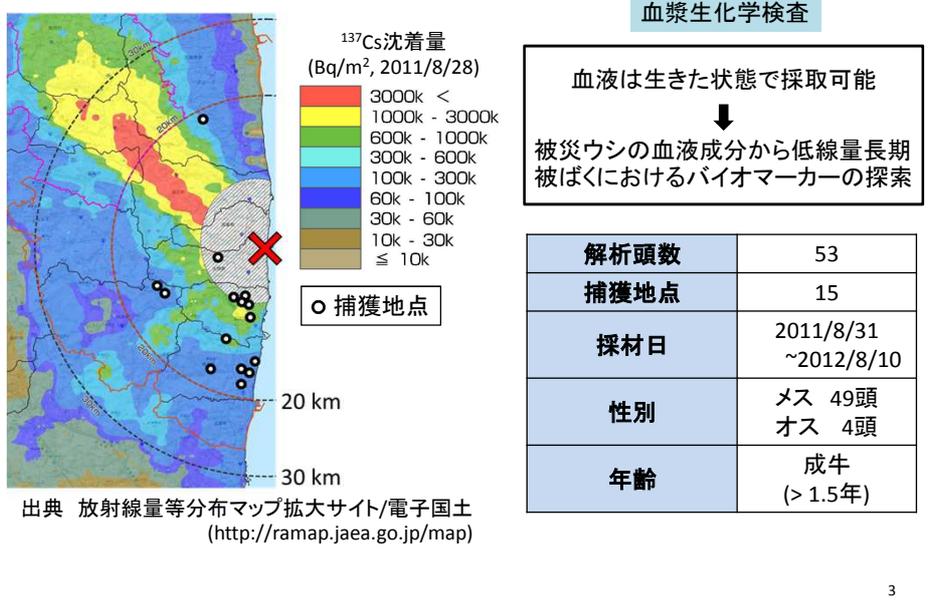
¹放射線医学総合研究所、²東北大学加齢医学研究所、³日本獣医生命科学大学獣医学部、
⁴東北大学大学院理学研究科、⁵東北大学高等教育開発推進センター、⁶新潟大学農学部、
⁷帯広畜産大学原虫病研究センター、⁸東北大学大学院農学研究科、⁹宮城大学食産業学部、
¹⁰東北大学大学院歯学研究科

1

被災動物の包括的線量評価事業



被災ウシの血漿生化学検査



低線量放射線と酸化ストレス

放射線技師

1. High antioxidant activities in erythrocytes of radiology staff (Eken *et. al.*, *Int. J. Radiat. Biol.*, 2012.)
2. Low glutathione levels in mononuclear blood cells of radiology technician (Klucinski *et.al.*, *AAEM*, 2008.).

チェルノブイリ原子力発電所事故

3. High level of Oxidative stress marker in the bladder epitherium of patients in areas with high levels of radio-contamination from the Chernobyl accident (Romanenko *et. al.*, *Int. J. Cancer*, 2000.).
4. Low levels of antioxidants in bird blood, liver and egg in Chernobyl (Moller *et. al.*, *Biol. Sci.*, 2005.).

被災ウシにおける血液中酸化ストレスレベルの解析

血漿生化学検査項目

酸化ストレスマーカー

Name	Abbreviation	Remark
Malondialdehyde	MDA	Lipid $\xrightarrow[\text{Free radical}]{\text{ROS}}$ MDA
Superoxide dismutase	SOD	$\text{O}_2^- \xrightarrow{\text{SOD}} \text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{GPx}} \text{H}_2\text{O}$
Glutathione peroxidase	GPx	

その他の血液検査項目

Name	Abbreviation	Indicator
Total protein	TP	栄養状態、肝臓機能の指標 低値→栄養不足、肝機能障害
Total cholesterol	TC	栄養状態、肝臓機能の指標 低値→栄養不足、肝機能障害
Triglyceride	TG	栄養状態、小腸、肝臓機能の指標
Non esterified fatty acids	NEFA	糖代謝の指標 高値→エネルギー不足
Glucose	GLU	糖代謝の指標 低値→エネルギー不足
Blood urea nitrogen	BUN	タンパク質代謝の指標 低値→タンパク質不足
Aspartate Aminotransferase	AST	肝臓、心臓、骨格筋機能の指標 高値→障害 ALT値との比較
Alanine transaminase	ALT	肝臓、心臓、骨格筋機能の指標 高値→障害 AST値との比較
Alkaline phosphatase	ALP	肝臓、骨代謝等機能の指標 高値→障害
Creatinine	CRE	腎臓機能の指標 高値→障害
Lactate dehydrogenase	Total LDH	肝臓、赤血球、骨格筋機能等の指標 高値→障害
	LDH isoenzyme	1~5のアイソザイムの発現パターンで様々な疾患の指標となる

被災ウシ血漿生化学検査結果

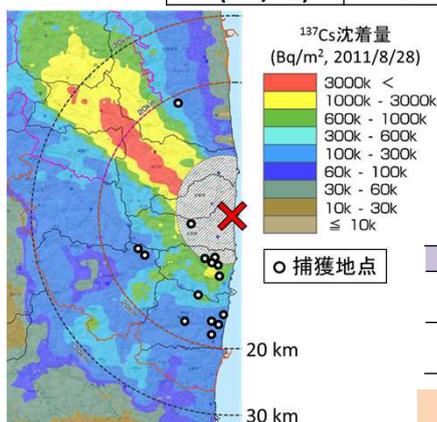
	被災ウシ (53)		Reference value*
	Mean	SD	
TP (g/L)	69.9	0.8	67.4 - 74.6
TC (mg/dL)	93.0	35.2	80 - 120
TG (mg/dL)	13.7	9.5	0 - 14
NEFA (mEq/L)	0.29	0.19	0.35 - 0.85
GLU (mg/dL)	87.5	64.8	45 - 75
BUN (mg/dL)	8.0	4.7	7 - 15
AST (IU/L)	72.7	23.9	68 - 132
ALT (IU/L)	16.5	5.6	11 - 40
ALP (IU/L)	153.6	119.0	0 - 488
CRE (mg/dL)	1.32	0.27	1.0 - 2.0
LDH (IU/L)	1006.3	250.7	692 - 1445
LDH1 (%)	50.8	7.2	39.8 - 63.5
LDH2 (%)	25.6	2.3	19.7 - 34.8
LDH3 (%)	14.4	3.2	11.7 - 18.1
LDH4 (%)	5.4	1.8	0 - 8.8
LDH5 (%)	3.9	1.9	0 - 12.4

*Clinical Biochemistry of Domestic Animals 6th ed.及び新版獣医内科学より引用

被災ウシにおいて血漿生化学検査値は基準値を超えなかった

被災ウシの線量評価

	被災ウシ (53)		Reference range
	Mean	SD	
MDA (μmol/L)	2.14	0.92	---
SOD (U/mL)	12.1	13.7	---
GPx (mU/mL)	10.5	3.8	---



内部被ばく線量率の評価
ICRP108のヘラジカの被ばく量計算を参考に、筋肉中放射性セシウム濃度よりβ線、γ線による内部被ばく線量率を計算

外部被ばく線量率の評価
捕獲地点の土壌放射性セシウム濃度よりγ線による外部被ばく線量率を計算

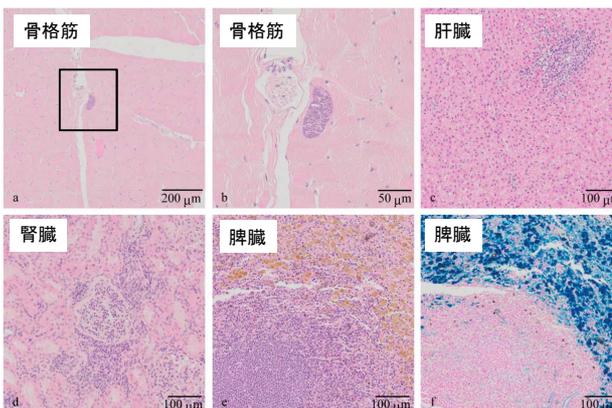
	平均	SD	最小値-最大値
内部被ばく線量率 (μGy/day)	12.6	10.1	0.19-33.9
外部被ばく線量率 (μGy/day)	89.6	93.0	23.6-357.3

外部被ばく線量率は内部被ばく線量率よりも約7倍高い

出典 放射線量等分布マップ拡大サイト/電子国土 (<http://ramap.jaea.go.jp/map>)

病理解析

	内部被ばく線量率 (μGy/day)
H1	33.9
H2	32.8
H3	31.4
H4	27.6
H5	27.4
H6	26.7
L1	3.4
L2	2.3
L3	1.7
L4	0.3
L5	0.2
L6	0.2



病理解析

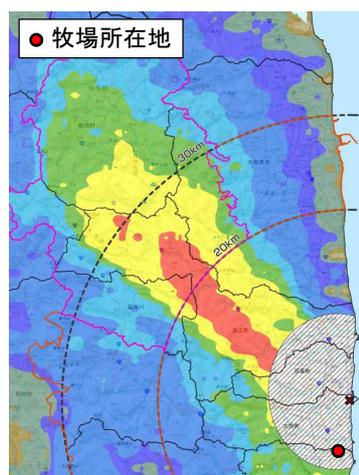
	内部被ばく線量率 ($\mu\text{Gy}/\text{day}$)	異常所見					
		Muscle	Heart	Lung	Liver	Kidney	Spleen
H1	33.9	S	N	N	-	N	-
H2	32.8	S	-	-	N	-	H
H3	31.4	S	S	N	N	N	H
H4	27.6	S	N	N	N	N	-
H5	27.4	S	-	-	-	-	-
H6	26.7	S	N	N	N	L	H
L1	3.4	N	S	N	N	L	H
L2	2.3	N	S	N	-	L	N
L3	1.7	S	N	N	N	N	N
L4	0.3	-	N	N	N	N	H
L5	0.2	S	N	N	N	N	H
L6	0.2	N	S	N	L	N	H

N, 異常なし、S, 住肉孢子虫、H, ヘモジデリン沈着、L, リンパ球浸潤、-, 観察せず。

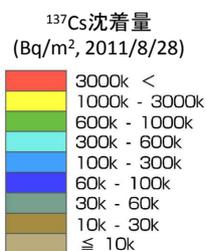
被災ウシにおいて内部被ばく線量率の高低に関係した組織異常はみられない

9

被災ブタの血漿生化学検査



出典 放射線量等分布マップ
拡大サイト/電子国土
(<http://ramap.jaea.go.jp/map>)



10

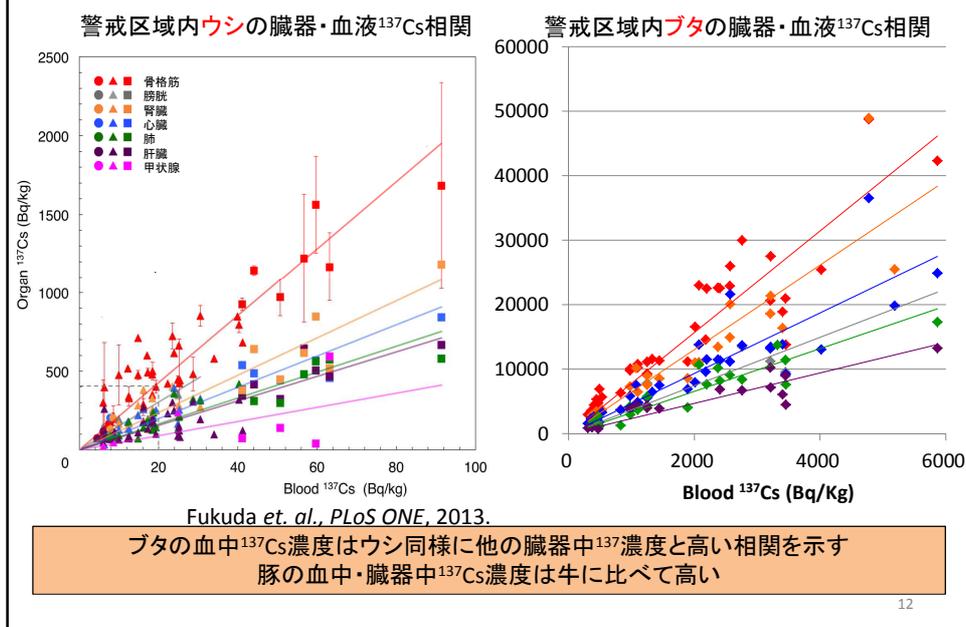
被災ブタの血漿生化学検査結果

	被災ブタ (35)		Reference value*
	Mean	SD	
TP (g/L)	47.6	0.9	63 - 78
TC (mg/dL)	68.3	14.5	75 - 110
TG (mg/dL)	35.1	18.9	45 - 80
NEFA (mEq/L)	0.26	0.20	0.25 - 0.45
GLU (mg/dL)	46.3	18.8	65 - 95
BUN (mg/dL)	9.3	2.1	8 - 25
AST (IU/L)	29.3	15.7	15 - 55
ALT (IU/L)	31.1	8.5	31 - 58
ALP (IU/L)	217.6	130.4	40 - 160
CRE (mg/dL)	0.96	0.32	0.8 - 2.3
LDH (IU/L)	343.5	87.4	380 - 634
LDH1 (%)	57.0	9.6	34.1 - 61.8
LDH2 (%)	7.0	2.9	5.9 - 9.2
LDH3 (%)	8.2	3.3	5.7 - 11.7
LDH4 (%)	15.7	4.6	6.9 - 15.9
LDH5 (%)	12.1	5.5	26.3 - 35.2
MDA (μmol/L)	3.08	2.11	---
SOD (U/mL)	4.65	8.14	---
GPx (mU/mL)	43.9	9.3	---

*Clinical Biochemistry of Domestic Animals 6th ed. 引用

11

被災ブタの放射性セシウム濃度測定結果



12

総括

被災ウシ

- ・MDA、SODは内部被ばく線量率と正の相関を示し、GPxは内部被ばく線量率と負の相関を示した
- ・その他の血漿成分は酸化ストレスとの顕著な相関を示さなかった
- ・病理解析によって、内部被ばく線量率と関係した組織の異常は観察されなかった
- ・酸化ストレスマーカーは外部被ばく線量率との顕著な相関を示さなかった

被災ブタ

- ・MDAは血漿中放射性セシウム濃度と正の相関を示した
- ・その他の血漿成分は血漿中放射性セシウムもしくはMDAとの顕著な相関を示さなかった



MDAの上昇は低線量放射線による影響???

正確な内部・外部被ばく線量を評価することができる条件で解析を行う

展望

耳標への線量計取り付け



旧警戒区域内牧場 (2014年6月撮影)



定期的な血液サンプリング



定期的な牧場内空間線量率の測定



正確な外部被ばく線量評価



正確な外部、内部被ばく線量の評価と血漿タンパク質との関係性を解析



血漿放射性セシウム濃度測定
血漿タンパク質解析



謝辞

被災動物線量評価事業グループ

東北大学 加齢医学研究所 病態臓器構築研究分野
 福本 学、鈴木 正敏、桑原 義和、林 剛平
 高橋 慎太郎、井上 和也、福本 基、安彦 亮
 鷺尾 亮太、諸橋明子

同高度教養教育・学生支援機構
 関根 勉

同理学研究科
 木野 康志、小荒井 一真、入澤 歩、岡 壽崇

同農学研究科
 磯貝 恵美子、福田 智一

同歯学研究科
 篠田 壽、鈴木 敏彦、清水 良央、高橋 温
 千葉 美麗

新潟大学自然科学研究科
 山城 秀昭

帯広畜産大学
 阿部 靖之

宮城大学
 小林 仁、森本 素子

日本獣医生命科学大学
 新井敏郎、川角浩

ウシ・ブタ安楽殺

いわき家畜保健衛生所

相双家畜保健衛生所

病理解析

仙台家畜保健衛生所

敬称略