

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 10 日現在

機関番号：32607

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2018～2019

課題番号：18K19700

研究課題名(和文)カドミウムの毒性に対する伝統的食材の防御作用

研究課題名(英文)Protective effects of traditional food on cadmium toxicity

研究代表者

堀口 兵剛(Horiguchi, Hyogo)

北里大学・医学部・教授

研究者番号：90254002

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,800,000円

研究成果の概要(和文)：日本の伝統的な食材である大豆・味噌の混餌飼料で飼育したラットにおいてカドミウム(Cd)の毒性を観察した。ラットにおけるCd 10 mg/kgの1回皮下投与後24時間の死亡率は大豆・味噌飼料群で低く、6 mg/kg投与後の血漿GOT・GPT濃度の上昇は大豆・味噌飼料群で低い傾向が見られた。ラットにCd(2 mg/kg)を週に1回5ヶ月間皮下投与した後の死亡率は大豆・味噌飼料群で高く、尿中NAG量は大豆・味噌飼料群で低い傾向が見られた。

以上より、大豆や味噌の摂取はCdの急性毒性を抑制し、慢性毒性を増強する一方で、急性中毒の肝障害、慢性中毒の尿細管障害に対して僅かに抑制する可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本人のCd曝露レベルが国際的に見て高いのは日本の伝統的な食品のCd含量が高いためであり、従ってそのような食品にはCdに対する解毒作用を持つ何らかの物質が多く含まれているかもしれないという本研究の発想は非常に独創的である。そして、実際に本研究の成果として大豆や味噌がCdの毒性に対して種々の作用を持つことの一端が見出されたことは意義深く、大豆や味噌を含めてもっと幅広く日本の伝統的な食品のCdの毒性に対する作用を解明し、社会に応用するための今後の大きな研究の一分野の基となる可能性があると考えられる。

研究成果の概要(英文)：We examined the possibility that soy, a representative of traditional Japanese foodstuffs, would mitigate the toxicity of cadmium (Cd) in rats that were kept with diets containing soy or miso, fermented soybean paste. Rats were injected with Cd at 10 mg/kg sc and observed for 24 hours. The mortality rates of rats tended to be lower in rats kept with soy-miso diets. The increase levels of plasma GOT and GPT after injection of Cd at 6 mg/kg tended to be lower in rats kept with soy-miso diets. On the other hand, rats were injected with Cd at 2 mg/kg once a week for 5 months. The mortality rates of rats kept were higher in rats kept with soy-miso diets. The increase levels of urinary NAG in Cd-injected rats kept with soy-miso diets tended to be lower. These results suggest the possibility that soy would mitigate and enhance the acute and chronic toxicity of Cd, respectively, and suppress its acute hepatic injury and chronic renal tubular dysfunction, although only slightly.

研究分野：重金属の毒性学

キーワード：カドミウム 大豆 味噌 ラット 肝障害 尿細管障害

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

カドミウム (Cd) は米、豆類、きのこ、海産物などの食品に比較的多く含まれており、日本人はこれらの摂取量が多いことから、日本人の Cd 摂取量は諸外国よりも飛び抜けて多い。Cd は長い生物学的半減期 (10-30 年) のために加齢とともに腎臓に蓄積し、過剰になると多発性近位尿細管障害である「カドミウム腎症」が惹起される。カドミウム腎症では腎臓のカルシウムやリンの再吸収機能が低下するために骨軟化症が続発してくる。これが富山県神通川流域の高度 Cd 汚染地域で多発した「イタイイタイ病」である。現在では土壌還元事業が完了したが、かつて高度の Cd 曝露を受けた地域住民は現在でも体内に高度の Cd 蓄積を持ったままであり、今後も新たなカドミウム腎症患者が発生すると考えられている (1)。一方、秋田県には過去に多数活動していた鉱山・製錬所の影響により、神通川流域に匹敵する面積の Cd 汚染地域が広範囲に散在している。従って、秋田県の Cd 汚染地域では Cd 濃度の高い自家産米摂取によって高度の Cd 曝露を受けた農業従事者が近年の調査で多数見つかった (2)。ところが、秋田県の農業従事者では閾値を超える尿中 Cd レベルを示す人の多くが腎尿細管障害を示さない。その理由のひとつとして秋田県の農村地域における日本の伝統的な食生活が考えられる。その代表的な食材である大豆、きのこ、海藻類はいずれも Cd 含有量が比較的高い。これは、これらの伝統食材は Cd の毒性を軽減する天然成分を含んでおり、それが人でも腎尿細管障害抑制作用を持つという可能性を示唆する。

2. 研究の目的

本研究では、日本の伝統食材の中でも摂取量の特に多い大豆の Cd 毒性に対する軽減作用の可能性に着目し、Cd による急性毒性の肝障害及び慢性毒性の腎尿細管障害等に対する影響を、ラットを用いた動物実験で観察する。

3. 研究の方法

まず、大豆を素材としてまったく使用していない対照飼料、それに大豆を混じた大豆飼料、さらに味噌を混じた大豆・味噌飼料の 3 種類を飼料会社 (日本クレア) に注文して作成した。原料である大豆と味噌は JA あきた北 (秋田県大館市) から調達した。

1) Cd1 回投与による急性肝障害

7 週齢のメスの Wistar ラットを各飼料群により 1 週間飼育した上で、生理食塩水あるいは CdCl₂ 水溶液を Cd として 6、8、10 mg/kg で 1 回皮下投与し、24 時間後の死亡率を観察した。生存していた場合、麻酔下で末梢血を採取し、EDTA 添加全血とヘパリン添加全血を調整した。前者については全自動血球計数装置 (エルマ販売株式会社) を用いて白血球数 (WBC) を測定し、さらにメイグリュンワルド・ギムザ染色を行った血液塗抹標本により好中球分画を顕微鏡で計数し、好中球数 (PMN) を算出した。後者については遠心分離により血漿を得て、血漿中 GOT・GPT 濃度を測定した (ビー・エム・エル)。

2) 長期 Cd 投与による腎尿細管障害等

7 週齢のメスの Wistar ラットを 3 種類の飼料で飼育しながら生理食塩水あるいは CdCl₂ 水溶液 (2 mg/kg) を週に 1 回皮下投与し、3 ヶ月・5 ヶ月の時点で代謝ケージにより 24 時間尿を採取した。腎尿細管機能の指標として尿量、尿比重、尿中 NAG 濃度 (ビー・エム・エル) を測定し、24 時間尿中 NAG 量として検討した。5 ヶ月後に麻酔下で屠殺し、末梢血と臓器を採取した。末梢血については上記と同様の処置を行い、白血球数、好中球数、赤血球数、ヘモグロビン、ヘマトクリット、MCV、MCH、MCHC、血漿中 GOT・GPT 濃度を測定した。さらに、血漿中クレアチニン濃度と尿中クレアチニン濃度を測定し (ビー・エム・エル) 腎糸球体機能の指標としてクレアチニンクリアランス (Ccr) を算出した。

4. 研究成果

1) Cd1 回投与による急性肝障害

Cd 6、8 mg/kg 投与群ではラットはほとんど死亡しなかったのに対し、10 mg/kg 投与群の死亡率は、対照飼料群で 31.8% (n=22)、大豆飼料群で 28.6% (n=21)、大豆・味噌飼料群で 22.7% (n=22) であり、統計学的に有意ではないものの (2 検定)、大豆飼料群と大豆・味噌飼料群では死亡率が若干低下する傾向が見られた (表 1)。

表 1. Cd あるいは生理食塩水 (saline) 投与後 24 時間でのラットの死亡率。%と (死亡数/全数) で表示。

	対照飼料群	大豆飼料群	大豆・味噌飼料群
Saline	0% (0/13)	0% (0/13)	0% (0/13)
Cd 6 mg/kg	0% (0/11)	0% (0/11)	0% (0/11)
Cd 8 mg/kg	0% (0/10)	22.2% (2/9)	0% (0/9)
Cd 10 mg/kg	31.8% (7/22)	28.6% (6/21)	22.7 (5/22)

Cd 投与 24 時間以内にラットの死亡が見られなかった Cd 6 mg/kg 投与群と生理食塩水投与群において、炎症反応の指標として WBC と PMN、及び肝障害の指標として血漿中 GOT・GPT 濃度を測定して比較した (表 2)。Cd 投与により PMN が著明に上昇し、その傾向は大豆飼料群と大豆・味噌飼料群でより強かった。対照飼料群では Cd 投与によって血漿中 GOT・GPT 濃度は著明ではないが上昇し、特に GOT の上昇は統計学的に有意であった。ところが、大豆飼料群と大豆・味噌飼料群では、対照飼料群と比較して Cd 投与による血漿中 GOT・GPT 濃度上昇の程度が低い傾向が見られた。以上より、大豆や味噌の摂取により Cd の急性毒性としての肝障害が若干抑えられることが示唆された。

表 2. Cd 6 mg/kg あるいは生理食塩水 (saline) 投与後 24 時間でのラットの末梢白血球数 (WBC)・好中球数 (PMN) と肝機能 (血漿 GOT・GPT 濃度)、体重、WBC、PMN は算術平均値 ± 標準偏差で、GOT、GPT は幾何平均値 (25-75 パーセンタイル) で表示。*は対照飼料群と比較して、#は saline 投与群と比較して統計学的有意差あり (p<0.05、ボンフェローニのホルムの変法)

	対照飼料群	大豆飼料群	大豆・味噌飼料群
n			
Saline	13	13	13
6 mg/kg	11	11	11
体重 (g)			
Saline	183.2±9.4	180.1±9.1	179.9±8.5
6 mg/kg	187.7±10.8	184.0±8.0	184.2±11.8
WBC (/mm ³)			
Saline	3608±1267	3162±961	3492±1148
6 mg/kg	4173±855	5591±2058#	5355±1953#
PMN (/mm ³)			
Saline	266±191	258±169	194±125
6 mg/kg	1469±573#	1897±1300#	1849±1201#
GOT (IU/L)			
Saline	77 (69-84)	71 (64-78)	75 (65-83)
6 mg/kg	106 (78-122)#	88 (76-92)	95 (82-116)
GPT (IU/L)			
Saline	30 (27-32)	27 (25-28)	29 (27-34)
6 mg/kg	38 (27-41)	31 (27-34)	30 (28-33)

2) 長期 Cd 投与による腎尿管障害

投与期間中、3 ヶ月目までに死亡するラットはいなかったが、5 ヶ月目までに Cd 投与群において 4 匹のラットが死亡した (表 3)。従って、数は少ないものの、急性中毒の場合とは逆に、大豆や味噌の摂取により Cd の慢性中毒が増強される可能性が示唆された。

表 3. Cd 2 mg/kg あるいは生理食塩水投与 5 ヶ月目でのラットの死亡率。%と(死亡数/全数)で表示。

	対照飼料群	大豆飼料群	大豆・味噌飼料群
Saline	0% (0/8)	0% (0/8)	0% (0/8)
Cd	0% (0/8)	25.0% (2/8)	28.6% (2/7)*

* 3 ヶ月以内に Cd の毒性以外の原因により 1 匹死亡したため、それを除外。

5 ヶ月の飼育期間中、saline 投与ラットの体重は上昇傾向にあったが、大豆・味噌飼料群の増加が若干低い傾向にあった (図 1)。Cd 投与ラットでは体重増加の抑制が途中から見られ、そして逆に大豆飼料群と大豆・味噌飼料群の体重増加は対照飼料群よりも大きい傾向にあった。この飼育期間での摂餌量は群間で大きな差はなかったため (図 2)、Cd 投与による体重増加の抑制効果は大豆飼料あるいは大豆・味噌飼料により減弱したと考えられた。

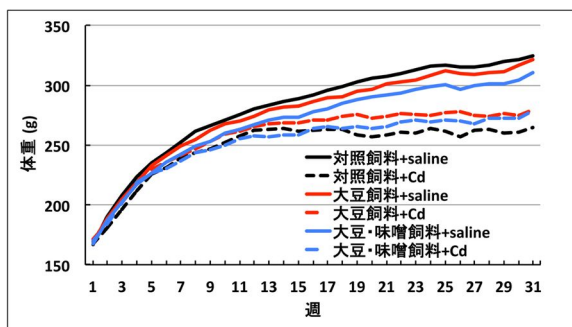


図 1. 3 種類の飼料による飼育下で Cd 2 mg/kg あるいは生理食塩水 (saline) を週に 1 回投与したラットの体重の推移。

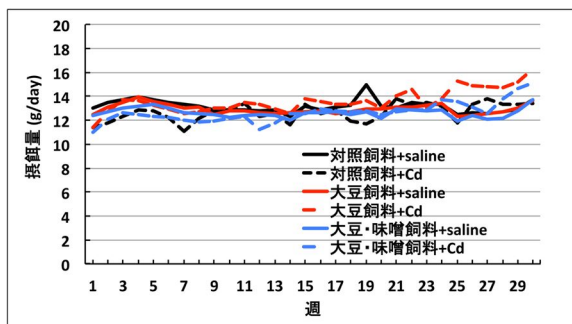


図 2. 3 種類の飼料による飼育下で Cd 2 mg/kg あるいは生理食塩水 (saline) を週に 1 回投与したラットの摂餌量の推移。

Cd 投与により、3 ヶ月目・5 ヶ月目ともに尿量の増加、NAG 尿中排泄量の増加が見られ、明らかに尿細管機能障害が発症していたが、大豆飼料群と大豆・味噌飼料群のそれらは対照飼料群と比較して統計学的な有意な差は認められなかった（表 4）。しかし、NAG 尿中排泄量が大豆飼料群と大豆・味噌飼料群において若干低くなる傾向は見られた。以上より、大豆や味噌の摂取により Cd の慢性腎毒性がわずかではあるが抑えられる可能性が示唆された。一方、Cd 投与 5 ヶ月目の Ccr は saline 投与群のそれとほぼ同じレベルであったため、Cd による腎系球体機能への影響はほとんどなかったものと考えられた（表 5）。そして、3 つの飼育飼料群間における有意な差も認められなかった。

ところで、5 ヶ月目の大豆飼料群と大豆・味噌飼料群のラットには途中で死亡したそれぞれ 2 匹のデータが含まれていないため、実際にはこれらの群における Cd による尿細管機能と腎系球体機能への影響の程度はもっと強かったかもしれないことは注意を要する。

表 4. Cd 2 mg/kg あるいは生理食塩水 (saline) 投与後 3 ヶ月目・5 ヶ月目でのラットの尿細管機能としての尿量、NAG 24 時間尿中排泄量。算術平均値 ± 標準偏差で表示。#は saline 投与群と比較して統計学的有意差あり (p<0.05、ボンフェローニのホルムの変法)。

	対照飼料群	大豆飼料群	大豆・味噌飼料群
3 ヶ月目			
n			
Saline	8	8	8
Cd	8	8	7
尿量 (ml)			
Saline	8.5±2.6	9.3±2.2	7.9±2.2
Cd	17.3±5.2#	15.6±3.5#	17.9±3.9#
24H.NAG (mU)			
Saline	262±55	258±34	233±46
Cd	544±100#	493±92#	425±183#
5 ヶ月目			
n			
Saline	8	8	8
Cd	8	6	7
尿量 (ml)			
Saline	9.6±3.7	8.7±2.0	9.0±3.0
Cd	16.3±6.8#	19.3±4.6#	18.1±2.9#
24H.NAG (mU)			
Saline	289±63	272±35	250±36
Cd	721±374#	598±46#	540±45#

表 5. Cd 2 mg/kg あるいは生理食塩水 (saline) 投与後 5 ヶ月目でのラットの腎系球体機能としての血漿クレアチンとクレアチンクリアランス (Ccr)。算術平均値 ± 標準偏差で表示。群間に統計学的有意差なし (p<0.05、ボンフェローニのホルムの変法)。

	対照飼料群	大豆飼料群	大豆・味噌飼料群
血漿クレアチン (mg/dL)			
Saline	0.50±0.26	0.39±0.18	0.28±0.03
Cd	0.33±0.04	0.47±0.20	0.40±0.13
Ccr (mL/day)			
Saline	25.2±8.3	29.2±9.1	33.2±3.8
Cd	25.9±6.6	23.6±7.4	26.6±8.6

5 ヶ月目では、Cd 投与群では saline 投与群と比較して明らかに体重が低かったが、飼料群間では有意な体重の差は見られなかった（表 6）。肝臓、腎臓の重量は Cd 投与群の方が saline 投与群よりも有意に大きかった。しかし、やはり飼料群間では有意な体重の差は見られなかった。

表 6. Cd 2 mg/kg あるいは生理食塩水 (saline) 投与後 5 ヶ月目でのラットの体重および臓器重量。算術平均値 ± 標準偏差で表示。#は saline 投与群と比較して統計学的有意差あり (p<0.05、ボンフェローニのホルムの変法)。

	対照飼料群	大豆飼料群	大豆・味噌飼料群
体重 (g)			
Saline	326.5±24.7	318.8±12.9	310.1±15.9
Cd	260.8±13.3#	278.0±13.4#	274.6±14.2#
肝重量 (g)			
Saline	9.86±1.19	10.0±0.80	9.36±0.82
Cd	11.9±0.62#	12.4±0.66#	11.8±0.91#

腎臓(左)(g)			
Saline	1.06±0.15	1.00±0.07	0.99±0.09
Cd	1.23±0.14	1.29±0.10#	1.25±0.11#
腎臓(右)(g)			
Saline	1.09±0.15	1.00±0.07	1.00±0.09
Cd	1.25±0.14	1.29±0.08#	1.23±0.12#

さらに血液への影響では、Cd投与群ではPMNが著明に上昇していたが、大豆飼料群と大豆・味噌飼料群のそれらは対照飼料群と比較して統計学的な有意の差は認められなかった(表7)。Cd投与群ではRBC、Hb、Ht、MCV、MCHが低下していたため、小球性低色素性貧血が発症していたと考えられるが、やはり大豆飼料群と大豆・味噌飼料群のそれらは対照飼料群と比較して統計学的な有意の差は認められなかった。Cd投与群ではGOT、GPTが有意に上昇していたが、大豆飼料群と大豆・味噌飼料群のそれらは対照飼料群と比較して統計学的な有意の差は認められなかった。以上より、Cdの慢性中毒としての炎症反応、貧血、肝障害に対して大豆や味噌の摂取はほとんど影響がないものと考えられた。

表7. Cd 2 mg/kgあるいは生理食塩水(saline)投与後5ヶ月目でのラットの末梢白血球数(WBC)、好中球数(PMN)、赤血球数(RBC)、ヘモグロビン(Hb)、ヘマトクリット(Ht)、MCV、MCH、MCHC、肝機能(GOT、GPT)、WBC、PMN、RBC、Hb、Ht、MCV、MCH、MCHCは算術平均値±標準偏差で、GOT、GPTは幾何平均値(25-75パーセンタイル)で表示。*は対照飼料群と比較して、#はsaline投与群と比較して統計学的有意差あり($p < 0.05$ 、ボンフェローニのホルムの変法)。

	対照飼料群	大豆飼料群	大豆・味噌飼料群
WBC (/mm ³)			
Saline	3438±811	2700±583	2213±327
Cd	5138±905#	4650±575#	6080±2156#
PMN (/mm ³)			
Saline	336±147	180±62	140±83
Cd	1149±625#	942±298#	1590±649#
RBC (10 ⁴ /mm ³)			
Saline	688±22	705±29	703±15
Cd	576±35#	540±23#	561±43#
Hb (g/dL)			
Saline	14.8±0.6	14.4±0.4	14.5±0.4
Cd	8.3±0.9#	8.3±0.4#	8.4±0.8#
Ht (%)			
Saline	39.2±1.3	38.7±1.4	38.7±0.7
Cd	22.9±1.6#	22.1±0.9#	22.0±2.2#
MCV (μm ³)			
Saline	56.9±1.6	54.8±0.6*	55.0±0.8*
Cd	39.8±1.5#	40.9±1.9#	39.1±1.0#
MCH (pg)			
Saline	21.4±0.5	20.4±0.3*	20.6±0.3*
Cd	15.0±0.3#	15.2±0.4#	14.8±0.4#
MCHC (%)			
Saline	37.7±0.9	37.3±0.5	37.4±0.4
Cd	37.7±1.2	37.3±1.1	38.0±0.2
GOT (IU/L)			
Saline	93 (72-118)	89 (75-105)	103 (77-134)
Cd	472 (389-580)#	522 (367-775)#	471 (349-665)#
GPT (IU/L)			
Saline	32 (28-35)	32 (29-36)	36 (28-42)
Cd	57 (51-72)#	63 (43-108)#	60 (50-77)#

以上より、大豆や味噌の摂取は、Cdの急性毒性を抑制し、慢性毒性を増強する一方で、急性中毒としての肝障害、慢性中毒としての尿細管機能障害に対しては、わずかではあるが抑制する可能性が示唆された。

引用文献

1. Aoshima K and Horiguchi H. Historical lessons on cadmium environmental pollution problems in Japan and current cadmium exposure situation. In Himeno S and Aoshima K. (Ed.), Cadmium Toxicity. Springer. 2019. 12-19.
2. Horiguchi H, et al. 2013. Age-relevant renal effects of cadmium exposure through consumption of home-harvested rice in female Japanese farmers. Environ Int. 56:1-9.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Sasaki Toru, Horiguchi Hyogo, Arakawa Akira, Oguma Etsuko, Komatsuda Atsushi, Sawada Kenichi, Murata Katsuyuki, Yokoyama Kazuhito, Matsukawa Takehisa, Chiba Momoko, Omori Yuki, Kamikomaki Norihiro	4. 巻 24
2. 論文標題 Hospital-based screening to detect patients with cadmium nephropathy in cadmium-polluted areas in Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Environmental Health and Preventive Medicine	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s12199-019-0762-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計12件（うち招待講演 1件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 堀口兵剛、小熊悦子、大森由紀、中嶋克行、齋藤秀俊、小平司、横山和仁、千葉百子、松川岳久、小松田敦、村田勝敬、内田正美
2. 発表標題 カドミウム汚染地域住民におけるメタロチオネイン産生能と腎尿細管機能障害との関係
3. 学会等名 第89回日本衛生学会総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堀口兵剛、青島恵子、小熊悦子
2. 発表標題 電子化アーカイブ資料を用いたイタイイタイ病の貧血についての臨床的検討
3. 学会等名 メタルバイオサイエンス研究会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堀口兵剛、小熊悦子、安岡有紀子、大森由紀、河原克雅、野々口博史
2. 発表標題 ラットにおけるカドミウムの腎臓エリスロポエチン産生細胞に対する抑制作用
3. 学会等名 第90回日本衛生学会総会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 青島恵子、堀口兵剛
2. 発表標題 富山県神通川流域カドミウム汚染地域住民における尿細管機能障害と貧血との関連
3. 学会等名 第90回日本衛生学会総会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 堀口兵剛
2. 発表標題 食品からのカドミウム曝露の健康リスクについての再検討
3. 学会等名 第16回 食品安全フォーラム（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 堀口兵剛
2. 発表標題 湛水管理実施下の秋田県カドミウム汚染地域における米作農家への健康影響及び米中カドミウムとヒ素濃度の現状
3. 学会等名 フォーラム2018 衛生薬学・環境トキシコロジー
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 堀口兵剛
2. 発表標題 湛水管理実施地域における米中カドミウムとヒ素濃度及びその農家への影響
3. 学会等名 第46回日本毒性学会学術年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hyogo Horiguchi1, Keiko Aoshima, Etsuko Oguma
2. 発表標題 Renal Anemia in itai-itai disease: a case series study of medical records of the patients
3. 学会等名 The 59th Annual Meeting of the Society of Toxicology (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 堀口兵剛、青島恵子、小熊悦子
2. 発表標題 電子化アーカイブ資料を用いたイタイタイ病の貧血についての臨床的検討
3. 学会等名 メタルバイオサイエンス研究会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堀口兵剛
2. 発表標題 湛水管理実施地域における米中カドミウムとヒ素濃度及びその農家への影響
3. 学会等名 第46回日本毒性学会学術年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堀口兵剛、小熊悦子、安岡有紀子、大森由紀、河原克雅、野々口博史
2. 発表標題 ラットにおけるカドミウムの腎臓エリスロポエチン産生細胞に対する抑制作用
3. 学会等名 第90回日本衛生学会総会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hyogo Horiguchi, Keiko Aoshima, Etsuko Oguma
2. 発表標題 Renal Anemia in itai-itai disease: a case series study of medical records of the patients
3. 学会等名 The 59th Annual Meeting of the Society of Toxicology (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 Aoshima K and Horiguchi H	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 12-19
3. 書名 Cadmium Toxicity	

1. 著者名 Horiguchi H	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 75-83
3. 書名 Cadmium Toxicity	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----