

Title	セシウム-137の動物体内代謝に関する研究
Author(s)	吉澤, 康雄
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1957, 17(7), p. 845-854
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19493
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

セシウム-137の動物体内代謝に関する研究

東京大学医学部放射線医学教室 (主任 宮川正教授)

東京大学医学部生化学教室 (主任 島園順雄教授)

吉澤 康雄

(昭和32年3月11日受付)

緒言

原子核分裂生成物の代謝機構は原子力研究の発展に伴って近年とみにその重要性を増し、著者もこの問題に関連して2, 3の報告を重ねて来た^{1)~3)}。しかし、原子核分裂生成物は単一の元素でなく、數十種類の核種より構成され、分裂形式或は分裂後の経過時間によりその組成が異なるため、代謝機構の解明には、個々の元素について検討する必要がある。しかし、その構成元素のなかには稀土類元素をはじめとして代謝機構に関して不明の点の多い元素も少なくない。

Cesium (Cs) は原子核分裂生成物の構成元素であり、とくに半減期の長い Cs¹³⁷ は放射線障害の上から重要であるのみならず、近年はすぐれた放射線源として注目されているが、その代謝機構に関しては未だに不明な点が多い。

Cs は Na, K などと同じくアルカリ金属に属し、すべての動物体内に存在することはすでに Bertrand⁴⁻⁶⁾ らにより報告されている。また Cochran⁷⁾ らによれば、ラットに對する毒性は少く、LD₅₀ は 700~1100mg/kg である。Hamilton^{8)~10)} は Cs¹³⁵ 及び Cs¹³⁸ をラットに投與し、筋肉に多く集り、他の軟部組織には平等に分布し、消化管からは大体 100% 吸収され、排泄は速やかで、10日で50%、64日で約99%が排泄されると報告している。また Hood¹¹⁾ らによれば、1週間で71%が排泄され、そのうち65%は尿、5.5%は尿として排泄される。吉川¹²⁾ らは5日間で51%が排泄され、尿には尿に比して10倍位多く排泄されると報告している。しかし、Scott¹³⁾ らは Cs 投與後数日間の排泄の様子は與えられた Cs の量により異

り、Carrier として CsCl を加えた場合は尿への排泄は尿のそれに比して5ないし20倍であるが、Carrier free の状態ではその割合は大体同じであると述べている。

原子核分裂生成物中には骨によく集る元素が比較的多い点から、Cs が軟部組織とくに筋肉に多く集るということは興味がある。Knobf¹⁴⁾ は Oak Ridge National Laboratory からの廃棄物により汚染されている White Oak Lake の魚の軟部組織に原子核分裂生成物の Cs による放射能が認められることを発見して居り、Hood¹¹⁾ らも鼠、牛、豚、鶏について同じ結果を得ている。また、植物への吸収に關しても報告^{15)~20)33)34)} があり、環境衛生の見地から重要な点が多い。

以上述べた如く、Cs が動物の軟部組織とくに筋肉に集ることは明らかであるが、著者は前報にも述べたように²⁾、原子核分裂生成物の代謝とくに軟部組織に於ける沈着状態につき検討している關係上、Cs の動物体内代謝に注目し、實驗の結果2, 3の知見を得たので報告する。

實驗方法

(1) 實驗動物

マウス (D-D系) 及びラットはすべて雄を用い、固型飼料 (オリエンタル酵母工業株式會社製) をもつて飼育し、水は自由に攝取させた。体内分布の測定に際しては、動物を斷頭し、汚染に十分注意しながら目的とする組織を採取して測定試料を調製した。骨は大腿骨、脛骨及び腓骨を、筋肉は大腿及び下腿の筋肉を用いた。

(2) Cs¹³⁷ 溶液

Cs¹³⁷ は Cs¹³⁷ Cl の形で Carrier を添加するこ

となく、生理的食鹽水で稀釋して用いた(pH 6.5). 動物に投與するには腹腔内注射法を用いた.

(3) 放射能測定法

Cs¹³⁷ は半減期33年で, 0.51 (92%) 及び1.17 MeV (8%) のβ線と, 0.6616MeV のγ線を放出する³²⁾. 試料の放射能測定には Nuclear & Chemical Corporation 製の DS-1 Scintillation Counter を用いた.

測定試料の調製にあつては, 動物組織は細片とし, 直徑 2.5cm, 高さ0.7cmの金屬製の試料皿(科研製)に出来るだけ平等に置き, 上から壓迫して薄い層とし, 乾燥して測定した. 液體狀の試料は試料皿上で乾燥して測定した. paperchromatography により展開し, 濾紙上の放射能を測定する場合は, 濾紙を幅 0.5~1.0cmの切片とし, 薄いプラスチック膜で覆つて用いた.

(4) 筋肉中の myosin, actin 及びその他の分層の調製^{21), 22)}

動物を斷頭, 脱血し, 速やかに大腿及び下腿の筋肉をとり, 氷冷し, 秤量ののち, 3容の Guba-Straub 溶液 (0.3 MKCl, pH 3.5の0.15 MK-phosphate) に懸濁, 0°C以下に保ち, 凍結させ, 細片としたのち乳鉢で10分間位磨碎し, 出来るだけ均一とし, 氷冷した蒸溜水を12容加え, 濾紙で濾過し, 残渣はactin 分層の調製に供する. 濾液を攪拌しながら20容の氷冷蒸溜水を加えると, 絹光澤のある沈澱が現われる. 0°Cに2時間静置して沈澱を沈降せしめたのち, 遠心分離し, 沈澱を8倍に稀釋した Guba-Straub 溶液(以下 G-S液と略す)で3回洗い, 「myosin 分層」とした. また第1回目の遠心沈澱の際に得た上清及び3回の洗液を合せた分層, 即ちG-S液抽出物から myosin 分層をさし引いた部分を便宜上「上清(GS-M)」となすけた. この上清に等容の氷冷10%三鹽化酢酸(以下TCAと略す)を加え, 生じた沈澱を更に氷冷5%TCAで3回洗滌し, この沈澱を「TCA-沈澱(GS-M)」とした.

筋肉をG-S液で抽出した残渣に5容の0.4% NaHCO₃を加え, 22~25°Cで30分間攪拌し, 遠心分離し, 上清を「上清(NaHCO₃)」とした.

沈澱に等容の氷冷した0.01 M NaHCO₃ + 0.01 M Na₂CO₃を加え, 10°C以下で10分間攪拌し, 22~25°Cの蒸溜水10容を加え, 遠心分離し, 上清を「上清(NaHCO₃ + Na₂CO₃)」とし, 沈澱を秤量し, 1gにつき3mlのアセトンを加え, 温度を22~25°Cに保ちつゝ10分間攪拌し, 遠心分離し, 沈澱に先の1/3容のアセトンを加え, 10分間攪拌し, 遠心分離し, 2回分のアセトン上清を合せ, これを「上清(aceton)」とした. 沈澱を室温で乾燥ののち, 20倍容のCO₂を含ませ蒸溜水で20分間抽出し, 遠心分離し, 上清を「actin 分層」とし, 残渣を「残渣分層」とした.

筋肉の食鹽水抽出液の調製には, 採取した筋肉に氷冷した食鹽水を加え, 凍結させ, 細片としたのち, 乳鉢で磨りつぶし, 遠心分離し, その上清を用いた.

(5) paperchromatography

他の物質と結合しているCs¹³⁷と, 無機イオン

第1表 主な展開溶媒によるCs¹³⁷のRf値

展 開 溶 媒	Rf 値
MtOH (9)—35% HCl (1)	0
EtOH (5)—MeOH (5)—11% NH ₄ CNS (2)	0.23
氷酢 (9)—35% HCl (1)	0.68
Oxine—Butanol	0
Oxine—CHCl ₃	0
5% mandel 酸 (pH 7.2)	0.76

の型で存在するCs¹³⁷とを分離するために paperchromatography を用いた. 原子核分裂生成物の paperchromatography については, すでに Götte³⁵⁾, 石橋³⁶⁾, 松浦³⁷⁾の報告があるが, 著者はCs¹³⁷の展開に適當な溶媒を知るため, 各種展開溶媒について検討した. 濾紙は東洋濾紙 No. 52を使用, 幅 2.0cm, 長さ40cmとし, 展開中は温度を5.0±0.5°Cに保つた. 展開後は濾紙上の放射能を測定するとともに, ninhydrine による呈色反應も行つた. 主な展開溶媒によるCs¹³⁷のRf値は第1表に示す通りである.

本研究に際しては, 展開溶媒として主に Ethanol (5)—Metanol (5)—11% NH₄CNS (2)及び5%mandel 酸 (pH 7.2)を用いた.

(6) 血液試料の處理

in vitro で血液細胞の Cs^{137} incorporation を観察するには、健常人静脈より採血し、凝固阻止剤として heparin-sodium を加え、 Cs^{137} 溶液を添加し50 ml の共栓つき三角コルペンに入れ、ガス相を O_2 16%, N_2 79%, CO_2 5% とし、一定の速度で攪拌しながら $38^\circ C$ に孵置した。

hemoglobin (Hb) 液の採取には、健常人の静脈より採血し、heparin-sodium で凝固を阻止し、遠心分離し、生理的食鹽水で7回血球を洗い、血球と等量の蒸溜水及び約半量のエーテルを加え、10分間ゆるやかに振盪し、遠心分離し、最下層をHb液とした。また第2層の血球膜(礎質)層は、生理的食鹽水で5回洗滌した。

血漿及びHb液のTCA沈澱分層を作るには、これらに等容の10%TCAを加え、攪拌し、沈澱を遠心分離し、更に5%TCAで3回洗滌した。

(7) 推計學的事項^{23),24)}

棄却検定、信頼限界の算出、等分散の検定及び平均値の比較など、實驗成績の推計學的處理にあつては危険率 α を1或は5%とした。棄却検定はSmirnof 法を用いた。

實驗成績

(1) Cs^{137} の体内分布

体重 16 ± 0.5 g のマウス30匹に Cs^{137} 1 μc を腹腔内注射し、1, 7, 12日目の各組織の放射能を測定した。1日目(24時間)には脾に比較的多いが、他の組織は大体平等に分布して居り、その後は筋肉を除いては大体同じ速度で減少するが、筋肉は7日目ではむしろ1日目より多く、他の組織とは逆に増加を示して居り、7日目以後の減少も他の組織よりゆるやかである。1日目の各組織の Cs^{137} の量を1.0とすると、12日目の量は、筋肉0.77, 肝0.19, 脾0.06, 膵0.11, 腎0.21, 睪丸0.30となる。

(2) 筋肉及び肝の Cs^{137} 攝取に及ぼす年齢の影響

マウスを体重11gの幼若群と、体重22gの成熟群にわけ、それぞれ Cs^{137} 0.073 $\mu c/g$ を腹腔内注射し、15, 67, 167時間後の筋肉及び肝の放射

第2表 Cs^{137} のマウス体内分布
(数字は10匹の平均値を示す)

	Cs^{137} 投与後の日数		
	1日 cpm/g	7日 cpm/g	12日 cpm/g
筋肉	697	890	534
肝	618	138	115
脾	674	215	38
腎	885	334	185
肺	663	182	0
膵	1297	300	142
睪丸	539	423	164
骨	554	283	0

能を測定した。結果は第1圖に示す通りである。15時間後では、筋肉及び肝の Cs^{137} 量(cpm/g)は大体同じで、その後肝は速やかに減少するが、筋肉は3日目に於て一時増加を示したのち、ゆるやかに減少して居り、第2表の結果と比較すると増加の時期が稍と早い、大体同じ傾向を示している。

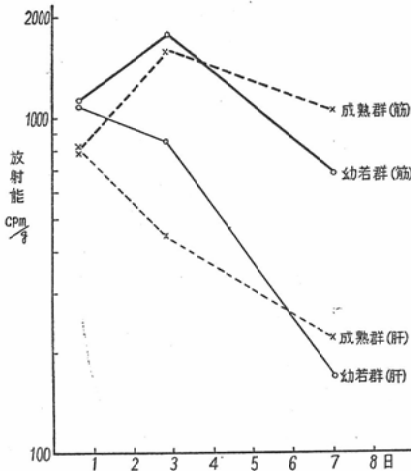
各點に於ける幼若群と成熟群の値を比較すると、筋肉は15及び67時間目は兩群の間に有意な差を認めないが、167時間目では危険率5%で有意な差を認め、成熟群の方が多し。即ち3日位までは幼若群と成熟群の間に著明な差はないが、その後の減少は幼若群の方が著明である。肝は、15時間目では危険率5%、67時間目では危険率1%で有意の差を認め幼若群の方が多し。167時間目では有意の差を認めない。即ち3日位までは幼若群の方が多し、その後は成熟群より速やかに減少する。

(3) 筋肉に於ける Cs^{137}

体重18gのマウスに Cs^{137} 1 μc を腹腔内注射し、1, 3, 10日目に殺し、筋肉2.0gを採取し、myosin, actin 分層並びにその他の分層に分け、各分層の放射能を測定した。第3表はその結果である。また、對照實驗として、 Cs^{137} を注射しないマウスの筋肉をとり、これに Cs^{138} を添加し、同様の操作により各分層に分け、放射能を測定したが、myosin 及び actin 分層には放射能を認めなかつた。即ち Cs^{137} とこれらの分層は共沈しないことがわかつた。

Cs^{137} の大部分は G-S 液による抽出液即ち上

第1図 筋肉及び肝の Cs¹³⁷ 摂取に及ぼす年齢の影響



第3表 Cs¹³⁷ 注射マウスの筋肉各分層の放射能

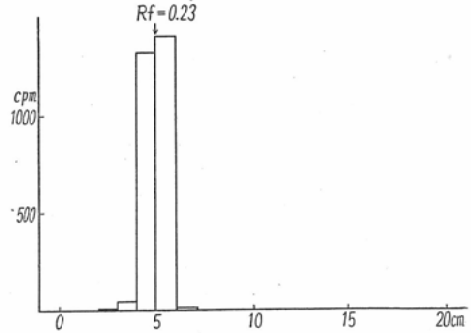
	Cs ¹³⁷ 注射後の日数		
	1 cpm	3 cpm	10 cpm
上清 (GS-M)	22610	25143	20800
TCA-沈澱(GS-M)	0	0	0
myosin 分層	19	26	4
上清 (NaHCO ₃)	3888	4501	2037
上清 (NaHCO ₃ +Na ₂ CO ₃)	858	828	924
上清 (acetone)	25	70	39
actin 分層	20	435	0
残渣分層	116	208	87

清 (GS-M)に認められるが, myosin 分層にもわずかではあるが存在する. G-S 液による抽出液からTCAで処理して得られた沈澱即ちTCA沈澱 (GS-M) には放射能は全く認められない. 上清 (NaHCO₃), 上清 (NaHCO₃+Na₂CO₃), 及び上清 (acetone) の各分層はactin 分層調製の過程で生じたもので, 余り重要な意味はないと思われる. actin 分層は, 1日目及び3日目では Cs¹³⁷ の存在が認められたが, 10日目には認めることが出来なかつた. とくに, 3日目に於て比較的高い値を示した. 残渣分層も3日目の試料が最も高い値を示した.

Cs¹³⁷を注射後24時間目のマウスの筋肉の3% NaCl 抽出液を paperchromatography で展開

第2図 Cs¹³⁷ の paperchromatogram

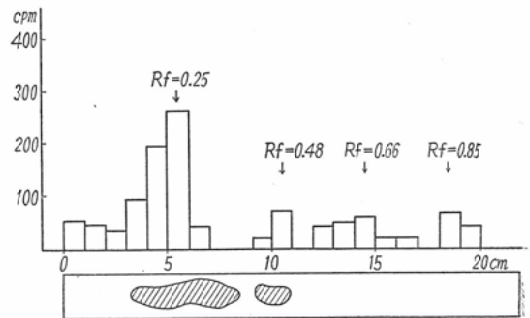
展開溶媒: EtOH-MeOH-MH₄CNS
展開距離: 21.8cm



第3図 Cs¹³⁷ 注射マウスの筋抽出液の paperchromatogram

展開溶媒: EtOH-MeOH-N-H₄CNS
展開距離: 21.8cm

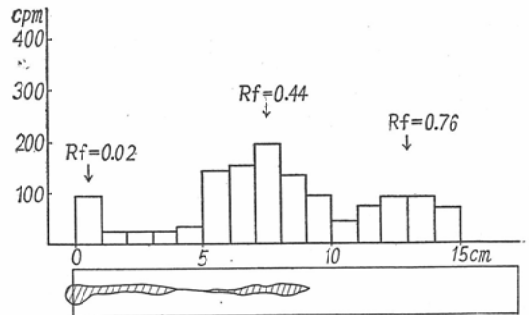
斜線はninhydrine反応による呈色部位を示す.



第4図 Cs¹³⁷ 注射マウスの筋抽出液の paperchromatogram

展開溶媒: 5% mandel 酸 (pH 7.2)
展開距離: 17.2cm

斜線はninhydrine反応による呈色部位を示す.



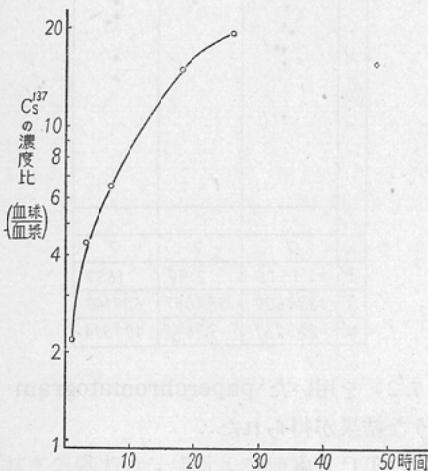
した. 対照実験として, Cs¹³⁷ を投與しないマウ

スの筋肉の3% NaCl 抽出液に Cs¹³⁷ を添加した試料並びに Cs¹³⁷ のみの試料を同じ溶媒で展開し、筋抽出液の共存が Cs¹³⁷ の Rf 値に著しい變動を來たさないことを認めた。

第2圖は Cs¹³⁷ を EtOH-MeOH-NH₄CNS 系溶媒で展開したもの、第3圖は Cs¹³⁷ を注射したマウスの筋抽出液を同溶媒で展開したもの、第4圖は第3圖と同じ試料を5% mandel酸 (pH 7.2) で展開したものである。第3及び4圖には ninhydrine 反應による呈色位置も示した。

第3圖では Rf = 0.25 附近が無機イオン型の Cs¹³⁷ に相當するが、Rf = 0, 0.48, 0.66 及び 0.85 附近にも Cs¹³⁷ の存在が認められる。とくに、Rf = 0.48 附近の放射能の存在部位と一致して minhydrine 反應による呈色が見られることは興味がある。第4圖では Rf = 0.76 附近が無機イオン型の Cs¹³⁷ と思われる。これ以外に Rf = 0.02 及び 0.44 に peak があり、共に ninhydrine 反應の呈色位置と大体一致している。

第5圖 血球と血漿中の Cs¹³⁷ 濃度比

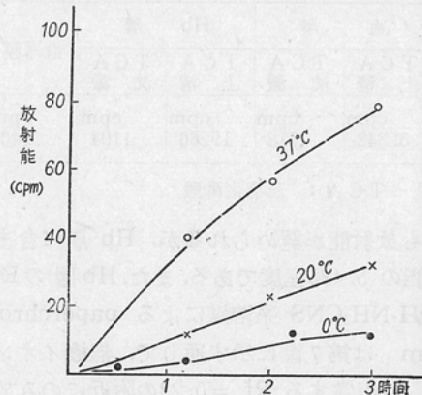


つぎに、同じように Cs¹³⁷ を投與したマウスの筋肉の3% NaCl 抽出液に氷冷下で等容の10% TCA を加え、生じた沈澱を5% TCA で同洗い、沈澱の Cs¹³⁷ を測定したが、全く放射能を認めることが出来なかつた

(4) 血液中の Cs¹³⁷

体重50gの雄ラットの腹腔内に Cs¹³⁷ 6 μc を

第6圖 血球の Cs¹³⁷ 摂取に及ぼす温度の影響



注射し、1, 3, 7, 24, 48時間目に頸動脈より採血し、ヘマトクリット値を測定したのち、血漿と血液細胞にわけ、放射能を測定し Cs¹³⁷ の濃度を比較した (第5圖). 注射後1時間で血球部分の濃度は血漿の2.2倍となり、その後この割合は急速に増加し、24時間目には18.8倍となつた。しかし48時間目では16.0倍となつて居り、24ないし48時間の間で最高値を示すものと思われる。

血球の Cs¹³⁷ 攝取が温度によりどのような影響をうけるかということを観察するため、健常人血液に Cs¹³⁷ を0.02 μc/ml の割合で添加し、0°C, 20°C 及び 37°C に孵置し、一定時間毎にその一部をとり、血球を遠心分離し、その放射能を測定した。結果は第6圖に示す通りである。温度による影響はかなり顯著で、温度の低下に伴つて、血球の Cs¹³⁷ 攝取は著明に減少する。しかし、0°C に於てもなお Cs¹³⁷ は血球中に入り、しかも20°C 及び 37°C の場合と同じく時間と共に増加している。

つぎに、健常人血液5 ml に Cs¹³⁷ 6 μc を添加し、37°C で4時間孵置ののち、遠心分離により血漿と血球に分け、血球 (赤血球) を Hb 層と血球膜 (礎質) に分けた。更に血漿及び Hb 層を TCA で処理し、沈澱と上清にわけ、これら各部分の放射能を測定した。結果は第4表に示す通りである。

Cs¹³⁷ は血漿から血球によく移行しているが、血球膜 (礎質) にはごくわずかで、その大部分は Hb 層に存在する。Hb 層の TCA 処理による沈

第4表 血液に於ける Cs¹³⁷ の分布状態

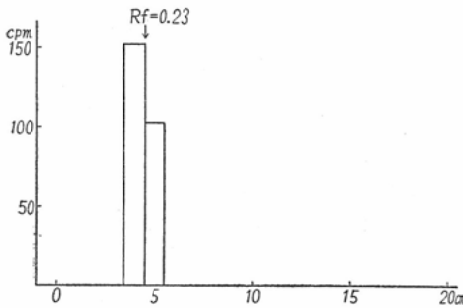
血 漿		Hb 層		血球膜
TCA 上 清	TCA 沈 澱	TCA 上 清	TCA 沈 澱	
cpm 59342	cpm 118	cpm 19260	cpm 1104	cpm 140

TCA : 三塩化酢酸

澱にも放射能が認められるが、Hb層に含まれる放射能の5.4%程度である。また、Hb層のEtOH-MeOH-NH₄CNS系溶媒によるpaperchromatogramは第7圖に示す通りで、無機イオン型のCs¹³⁷に相當するRf = 0.23の附近にのみ放射能

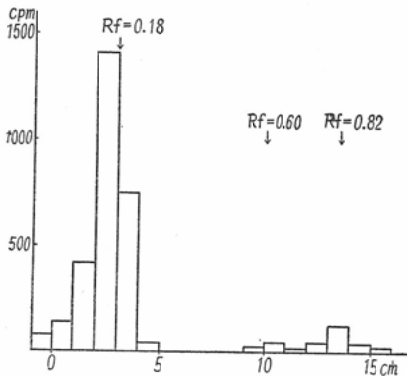
第7圖 Cs¹³⁷ を摂取した赤血球のヘモグロビン液の paperchromatogram

展開溶媒 : EtOH-MeOH-NH₄CNS
展開距離 : 19.5cm



第8圖 Cs¹³⁷ を含む血漿の paperchromatogram

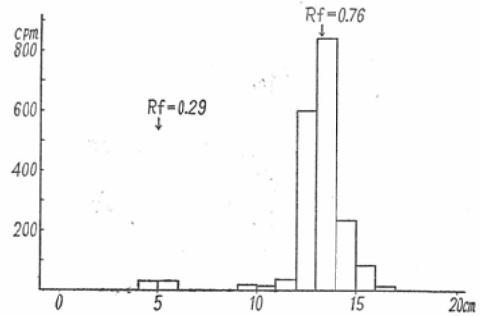
展開溶媒 : EtOH-MeOH-NH₄CNS
展開距離 : 16.5cm



が認められ、Hbが存在するRf = 0附近には放射能を認めなかつた。溶媒として5%mandel酸

第9圖 Cs¹³⁷ を含む血漿の paperchromatogram

展開溶媒 : 5% mandel 酸 (pH 7.2)
展開距離 : 17.5cm



第10圖 Cs¹³⁷ 摂取に及ぼす Potassium 及び Natrium の影響

Cs¹³⁷ 注射後2, 3, 4, 日目にK又はNaを投与

N : 標本例 \bar{x} : 標本平均
S : 標本変動 u^2 : 不偏分散

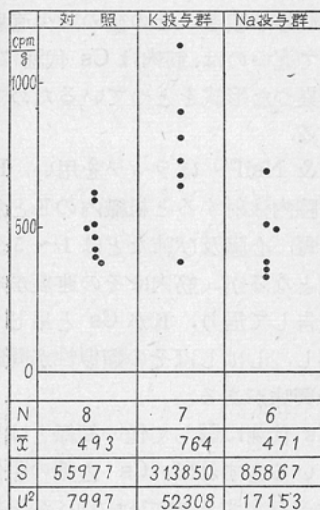
	対 照	K投与群	Na投与群
3000 Cpm g			
2000			
1000			
0			
N	7	7	7
\bar{x}	1510	2199	1697
S	1339600	587087	609143
u^2	223267	97848	101524

(pH 7.2) を用いた paperchromatogram で同じような結果が得られた。

血漿のTCA処理により生じた沈澱にも放射能が存在するが、血漿に含まれる放射能のわずか0.2%に過ぎない。しかし、血漿のpaperchromatographyでは第8圖及び9圖に示すような結果が得られた。EtOH-MeOH-NH₄CNS系溶媒で展開した場合は第8圖に示す通り、無機イオン型のCs¹³⁷のほか、Rf = 0.60及び0.82の附近にも放射能の存在が認められた。また、5%mandel

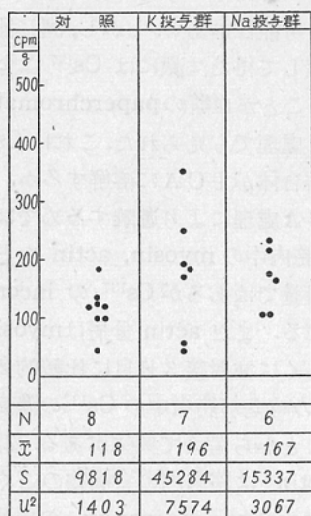
第11図 筋肉 Cs¹³⁷ の摂取に及ぼす Potassium 及び Natrium の影響

Cs¹³⁷ 注射と同時に K 又は Na を投与
 N : 標本例 \bar{x} : 標本平均
 S : 標本変動 u^2 : 不偏分散



第12図 肝の Cs¹³⁷ 摂取に及ぼす Potassium 及び Natrium の影響

Cs¹³⁷ 注射と同時に K 又は Na を投与
 N : 標本例 \bar{x} : 標本平均
 S : 標本変動 u^2 : 不偏分散



酸 (pH 7.2) で展開すると、無機イオン型 Cs¹³⁷ に相当する R_f = 0.76のほか、R_f = 0.29の位置に放射能が認められた (第9図)。

(5) Cs¹³⁷ の代謝に及ぼす potassium の影響

(i) 筋 肉

体重20gのマウスを3群にわけ、Cs¹³⁷ 1.6 μ c を腹腔内注射し、第1群は対照群とし、その後は何も注射せず、第2群はCs¹³⁷ 注射後2、3、4日目にそれぞれ1.15% KCl 0.4 ml を1日1回腹腔内注射し、第3群は同じく2、3、4日目に0.9% NaCl 0.4ml を腹腔内注射し、各群とも5日目に殺し、筋肉中の放射能を測定した。結果は第10圖に示す通りである。各群の平均値を推計學的に考察すると、対照群とK投與群の間には危険率1%で有意の差が認められ、K投與群の方が多いが、対照群とNa投與群の間には有意の差は認められない。また、K投與群とNa投與群の間には危険率5%で有意の差を認め、K投與群が多い。

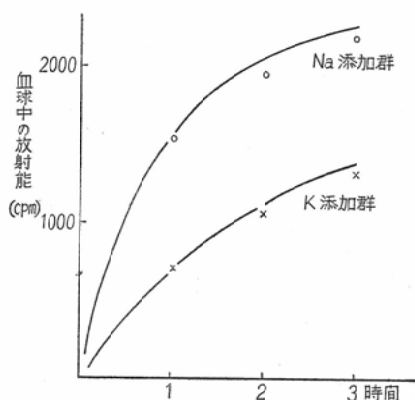
つぎに、やはり体重20gのマウスを3群にわけ、Cs¹³⁷ 溶液 (4 μ c/ml) を第1群 (対照群) は蒸留水で、第2群 (K投與群) は 1.15% KCl で、第3群 (Na投與群) は 0.9% NaCl でそれぞれ2倍に稀釋し、その0.5 ml を腹腔内注射し、5日目に殺し、筋肉及び肝の放射能を測定した。第11及び12圖がその結果である。筋肉は危険率1%で、対照群とK投與群の間及びK投與群とNa投與群の間には有意の差を認め、いずれもK投與群が多く、対照群とNa投與群の間には有意の差は認められない。しかし肝では危険率1%で3つの群相互間に有意の差は認められない。

potassium は Cs¹³⁷ と同時に投與しても、またCs¹³⁷ 注射後に投與しても、筋肉に對するCs¹³⁷ の incorporation を増加させる。しかし、肝は筋肉ほどこの傾向が著明でない。

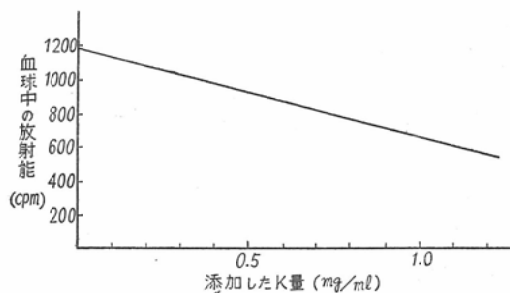
(ii) 血 液

健常人血液に Cs¹³⁷ を添加 (1.5 μ c/血液 1 ml) し、K添加群と Na 添加群にわけ、血液 1 ml に對して、前者には1.15% KCl 0.1 ml、後者には0.9% NaCl 0.1 ml を加え、37°Cに孵置し、血液細胞への Cs¹³⁷ の移行を時間的に觀察した。第13圖がその結果である。つぎに添加する potassium

第13図 血球への Cs^{137} の移行に及ぼす Potassium の影響



第14図 血球への Cs^{137} 移行に及ぼす Potassium の影響



の量を變化させ、2時間貯置ののち血液細胞への Cs^{137} の移行を観察した。結果を第14圖に示す。

筋肉の場合と異り、potassium は血液細胞への Cs^{137} の移行を阻止する。そしてこの傾向は添加される potassium の量が増加するとともに著明となる。

考 按

Cesium は Lithium, Natrium, Potassium, Rubidium と共にアルカリ金属に屬し、生体内に於てはイオン拮抗、滲透壓、細胞膜透過性の調整などの生理現象に關與することが考えられる¹¹⁾。MacLeod & Snell²⁵⁾も *L. arabinosus* では Cs はある程度 K に代り得ることを報告している。

Cs は筋肉によく集るが、これに關して Hood¹¹⁾は Cs は concentration gradient に關係して分布し、密度の高い組織に高濃度に集る性質があ

るからであると説明している。しかし、Cs を投與した場合、他の組織の Cs の濃度が比較的急速に、しかも大体等しい速度で減少するにも拘らず、筋肉に於ける濃度は初期に於て上昇を示し、7日目頃までこの状態が續き、その後の減少速度も他の組織に比して遅いのは、筋肉は Cs 代謝に關し、他の組織とは異つた形式をとつていないかと思われる。

D'Silva & Neil²⁶⁾ はラッテを用い、 K^{42} を静脈内或は腹腔内注射すると組織内の K と急速に交換し、肝、腎、心臓及び肺などは1~5分で血漿より高濃度となるが、筋肉はその速度がゆるやかであると報告して居り、K が Cs と同じくアルカリ金属に屬し、しばしばその類似性が問題にされているので興味がある。

筋肉が Cs 代謝に關して他の組織とは異つた形式をとつていないかと推察し、2, 3の方法により検討した。筋肉の3% NaCl 抽出液の paperchromatography で無機イオン型以外の Cs^{137} があることを認めた。これらは Cs^{137} が何等かの形で生体内物質と結びついて居るものと思われる。またそのうちのあるものは蛋白と結合している可能性がある。しかし、同じ抽出液を TCA で處理して得た沈澱には Cs^{137} は含まれていない。同じことが血漿の paperchromatography 及び TCA 處理でも見られた。これは Cs^{137} と他の物質との結合体が TCA に溶解するか、或はその結合が TCA 處理により遊離するのではないかとと思われる。筋肉中の myosin, actin などにつき觀察すると微量ではあるが Cs^{137} の incorporation が認められる。また actin 分層は myosin 分層より多い。とくに注射後3日目に比較的多いということは、この時期が筋肉中の Cs^{137} の濃度が上昇しつつあることから考へて興味がある。勿論 myosin 及び actin は筋肉内の有機物のごく一部にすぎず、paperchromatography の成績と併せて考慮すると他の物質との結合もあり得るものと思われる。またこの實驗でも TCA 處理による沈澱には Cs^{137} は認められなかつた。

Cs の血中濃度は投與後非常に急速に低下することは2, 3の報告で知られている¹¹⁾¹⁵⁾。また血液細胞によく攝取され、約24時間で血球中の Cs¹³⁷の濃度は血漿の20倍近くになるが、この點もKと類似している。また血球への Cs¹³⁷の incorporationが温度とともに低下し、しかも 0°Cに於てもなお incorporation が見られることは、細胞の Cs 攝取が單なる物理的機轉即ち passive exchange の他に、何等か形で代謝と結びついた所謂 active transport によつてゐることを示している。

Maizel²⁷⁾ は血球を冷すとKの active transport は遅くなるが、passive exchange は變らないと報告している。赤血球は冷所に保存すると細胞内のKを失い、Na を攝取するが、Maizel & Paterson²⁸⁾ によればこのようにして相當量のKを失つた赤血球を輸血すると、注射後24時間で細胞内のK量は正常となる。また、Harris²⁹⁾の報告によれば、冷した赤血球を正常温度に孵置する場合、培養液中に葡萄糖が存在すれば、再びK-イオンを攝取する。これは細胞のK-イオン攝取が葡萄糖代謝と結びついていることを示している。Rothstein²⁹⁾ も酵母を用いて實驗し、Kの細胞膜透過性は解糖作用の影響をうけていると述べている。また吉川³⁰⁾らによればCs¹³⁷の血球への移行はモノヨード酢酸阻害、NaF 阻害である程度低下する。このようなCs¹³⁷の active transport は血球のみならず筋肉などの組織でも存在するであろう。

血球中へのCsの透過が細胞外液のK濃度の増加により減少することはTosteson³¹⁾の成績と類似している。しかし、KをCs¹³⁷と同時に與えても、又Cs¹³⁷投與後繰返し投與しても、筋肉へのCs¹³⁷ incorporation は増加を示し、しかも肝にはこの傾向が顯著でないことは、筋肉のCs代謝が他の組織と質的に異つてゐることを示しているものと思われる。

總 括

健康人血液及びラット、マウスを用いてCs¹³⁷の代謝につき検討した。

1) 腹腔内注射されたCs¹³⁷は体内に大体平等に分布し、比較的急速に排泄されるが、筋肉は他の組織と異り、3~7日目頃までその濃度を増し、その後減少するが、その減少速度も他の組織に比べて遅い。

2) 成熟した動物と幼若な動物を比較すると、筋肉は3日位までは兩群の間に差はないが、それ以後の減少は幼若群の方が速い。肝は3日位までは幼若群が多いが、その後の減少は幼若群の方が速やかである。

3) 筋肉中のCs¹³⁷の一部は蛋白その他の生体内物質と結合して存在しているものと思われる。

4) 血中のCs¹³⁷は急速に血漿より血球に移行する。またこれは温度の低下により抑制される。しかし、0°Cに於ても血球への移行は認められる。

5) 赤血球に incorporate したCs¹³⁷の大部分は血球内液に存在し、血球膜には極く微量しか存在しない。

6) 血漿中のCs¹³⁷の一部も筋肉の場合と同じく結合型として存在する。

7) 血球へのCs¹³⁷の移行はKの添加により減少する。動物にCs¹³⁷投與と同時に或は投與後繰返してKを與えると筋肉へのCs¹³⁷ incorporation は増加する。

Cesium は筋肉に親和性があるが、Cs¹³⁷がγ線を放出すること、筋肉が体の廣汎な部分約(3/7)を占めることから考えて、Cs¹³⁷が体内に入った場合に全身照射の有力な線源となり得るものと推察され、原子核分裂生成物による放射線障害の見地から重要であると思われる。

本研究に関し御指導賜つた生化学教室島田教授、放射線医学教室宮川教授、江藤助教授に深謝する。なお本研究は文部省科学研究費によつた。栄養学教室吉川教授の御援助並びに御助言に対し感謝の意を表する。

文 獻

- 1) 吉沢康雄：生化学25, 562 (1954). —2) 吉沢康雄, 互理勉：生化学, 27, 473 (1955). —3) 互理勉, 吉沢康雄：日本医学放射線学会雑誌, 16, 729 (1956).
- 4) Bertrand, G. and Bertrand, D.: Compt. rend., 229, 453 (1949). —5) Ibid., 533 (1949). —6) Ib-

- id., 609 (1949). —7) Cochran, K.W., Doull, J., Mazur, M. and DuBois, K.P.: Arch. Ind. Hyg. Occupational Med., **1**, 637 (1950). —8) Hamilton, J.G.: MDDC-1062 (1945). —9) Hamilton, J.G.: MDDC-1160(1947). —10) Hamilton, J.G.: Radiology, **49**, 325(1947). —11) Hood, S.L. and Comar, C.L.: ORO-91(1953). —12) 吉川春寿, 江藤秀雄, 亙理勉: 放射線総合研究報告集録, 112頁 (1956). —13) Scott, K.G., Overstreet, R., Jacobson, L., Hamilton, J.G., Fisher, H., Crowley, J., Chaikoff, I.L., Entenman, C., Fischler, M., Barber, A.J. and Loomis, F.: MDDC-1275(1947) —14) Knobf, V. I.: ORNL-1031 (1951). —15) Glueckauf, E.: AERE-SPAR-7 (1955). —16) Neel, J.W., Olafson, J.H., Steen, A.J., Gillooly, D.E., Nishita, H. and Larson, K.H.: UC-LA-247 (1953). —17) Nishita, H., Kowalewsky, B.W. and Larson, K.H.: UCLA-282 (1954). —18) Rediske, J.H. and Selders, A.A.: HW-35174 (1953). —19) Rediske, J.H., Cline, J.F. and Selders, A. A.: HW-36734 (1955). —20) Romney, E.M., Rhoads, W.A. and Larson, K.: UCLA-294 (1945). —21) Szent-Györgyi, A.: Chemistry of Muscular Contraction. (1951) Academic Press, New York. —22) Feuer, A., Mohnar, F., Pettko, E. and Straub, F.B.: Hung. acta physiol., **1**, 150 (1948). —23) 鳥居敏雄, 高橋暁正, 土肥一郎: 医学・生物学のための推計学 (1954). —24) 増山元三郎: 少数例の纏め方と実験計画立て方 (1949). —25) MacLeod, R.A. and Snell, E. E.: J. Bact., **59**, 783 (1950). —26) D'Silva, J. L. and Neil, M.W.: Biochem. J., **49**, 222 (1951). —27) Maizels, M.: Quart. J. exp. Physiol. **32**, 143 (1943). —28) Maizels, M. and Paterson, J.H.: Lancet, **2**, 417 (1940). —29) Rothstein, A.: UR-382 (1955). —30) 吉川春寿, 水上茂樹: 放射線総合研究報告集録, 117頁 (1956). —31) Tosteson, D.C.: J. Gen. Phys., **39**, 55 (1955). —32) Hollander, J.M., Perlman, I. and Seaborg, G. T.: Rev. of Modern Physics, **25**, 553 (1953). —33) Rediske, J.H. and Selders, A. A.: HW-25021 (1952). —34) Weeks, M.H. and Oakley, W.D.: HW-35917 (1954). —35) Götte, H. und Pätze, D.: Zeitschrift für Elektrochemie, **58**, 636 (1954). —36) Ishibashi, M., Shigematsu, Y. and Ishida, T.: Bull. Inst. Chem. Res., Kyoto Univ. Supplementary Issue, (1954). —37) 松浦二郎: 分析化学, **4**, 242 (1955)

Studies on the Metabolism of Cesium-137 in animals

By

Yasuo Yoshizawa

Department of Radiology, School of Medicine, University of Tokyo

(Director: Prof. Miyagawa)

Department of Biochemistry, School of Medicine, University of Tokyo

(Director: Prof. Shimazono)

The Metabolism of Cesium-137 was studied with human blood, rats and mice.

(1) It was found that Cesium-137 was distributed uniformly in the body and then excreted rapidly, but its content in muscle increased until about 7 days after injection and the rate of removal was lower than in other organs.

(2) The rate of accumulation and excretion were more rapid in young animal than in the adult one.

(3) Some amount of Cesium-137 in muscle formed complex with organic matters.

(4) Cesium-137 in blood plasma was transferred rapidly to blood cell and its rate decreased at lower temperature. There are both active and passive transport in incorporation of Cesium-137.

(5) Cesium-137 incorporated in red blood cell was almost in endostoma.

(6) In blood plasma, some amounts of Cesium-137 were combined with other substances.

(7) Transport of Cesium-137 to blood cell from plasma decreased in proportion to content of potassium. The administration of potassium increased the incorporation of Cesium-137 to muscle.