The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	セシウム-137の動物體内代謝に關する研究
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	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

セシウム-137の動物體内代謝に關する研究

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　島薗順雄教授）
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發展に伴つて近年とみにその重要性を増し，著者もこの問題に關連して2，3の報告を重ねて來た[1)~3)]．しかし，原子核分裂生成物は單一の元素でなく，數十種類の核種より構成され，分裂形式或は分裂後の經過時間によりその組成が異るため，代謝機構の解明には，個々の元素について檢討する必要がある．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關して不明の點の多い元素も少くない．

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 Cs^{137} 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，その代謝機構に關しては未だに不明な點が多い．

Cs は Na,K などと同じくアルカリ金屬に屬し，すべての動物体内に存在することはすでに Bertrand[4~6)] らにより報告されている．また Cochran[7)] らによれば，ラッテに對する毒性は少く，LD_{50} は 700～1100mg/kgである．Hamilton[8)~10)] は Cs^{135} 及び Cs^{138} をラッテに投與し，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%吸收され，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 Hood[11)] らによれば，1週間で71%が排泄され，そのうち65%は尿，5.5%は屎として排泄される．吉川[12)] らは5日間で51%が排泄され，尿には屎に比して10倍位多く排泄されると報告している．しかし，Scott[13)] らは Cs 投與後數日間の排泄の樣子は與えられた 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屎のそれに比して5ないし20倍であるが，Carrier free の狀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點から，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．Knobf[14)] は Oak Ridge Natinal Laboratory からの廢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發見して居り，Hood[11)] らも鼠，牛，豚，鷄について同じ結果を得ている．また，植物への吸收に關しても報告[15)~20)33)34)] があり，環境衛生の見地から重要な點が多い．

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狀態につき檢討している關係上，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）及びラッテはすべて雄を用い，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）Cs^{137} 溶液

Cs^{137} は Cs^{137} Cl の形で Carrier を添加するこ

となく，生理的食鹽水で稀釈して用いた(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

Cs^{137} 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たつては，動物組織は細片とし，直径 2.5cm，高さ0.7cmの金屬製の試料皿(科研製)に出來るだけ平等に置き，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 及びその他の分屑の調製[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分間位磨砕し，出來るだけ均一とし，氷冷した蒸溜水を12容加え，濾紙で濾過し，殘渣はactin 分屑の調製に供する. 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倍に稀釈した Guba-Straub 溶液 (以下G－S液と略す) で3回洗い，「myosin 分屑」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屑，卽ちG－S液抽出物から myosin 分屑をさし引いた部分を便宜上「上清 (GS-M)」となずけた. 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液で抽出した殘渣に5容の 0.4% $NaHCO_3$ を加え，22～25°Cで30分間攪拌し，遠心分離し，上清を「上清 ($NaHCO_3$)」とした. 沈澱に等容の氷冷した0.01 M $NaHCO_3$ ＋0.01 M Na_2CO_3 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 ($NaHCO_3$＋Na_2CO_3)」とし，沈澱を秤量し，1gにつき3 ml 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 CO_2 を含まぬ蒸溜水で20分間抽出し，遠心分離し，上清を「actin 分屑」とし，殘渣を「殖渣分屑」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 Cs^{137} と，無機イオンの型で存在する Cs^{137} 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 Götte[35)]，石橋[36)]，松浦[37)]の報告があるが，著者は Cs^{137} の展開に適當な溶媒を知るため，各種展開溶媒について檢討した. 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 Cs^{137} の Rf 値は第1表に示す通りである.

第1表 主な展開溶媒による Cs^{137} の Rf 値

展開溶媒	Rf 値
MtOH (9)—35% HCl (1)	0
EtOH (5)—MeOH (5)—11%NH_4CNS (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

本研究に際しては，展開溶媒として主に Ethanol (5)—Metanol (5)—11% NH_4CNS (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 を觀察するには，健常人静脈より採血し，凝固阻止劑として heparin-sodium を加え，Cs^{137} 溶液を添加し50 ml の共栓つき三角コルベンに入れ，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°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沈澱分屑を作るには，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)]

棄却檢定，信頼限界の算出，等分散の檢定及び平均値の比較など，實驗成績の推計學的處理にあたつては危險率αを1或は5%とした．棄却檢定は Smirnoff 法を用いた．

實驗成績

（1） Cs^{137} の体内分布

体重16± 0.5gのマウス30匹に Cs^{137} 1μc 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，睾丸0.30となる．

（2） 筋肉及び肝の Cs^{137} 攝取に及ぼす年令の影響

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} 0.073μc/g を腹腔内注射し，15，67，167時間後の筋肉及び肝の放射能を測定した．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ゝ早いが，大体同じ傾向を示している．

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
睾丸	539	423	164
骨	554	283	0

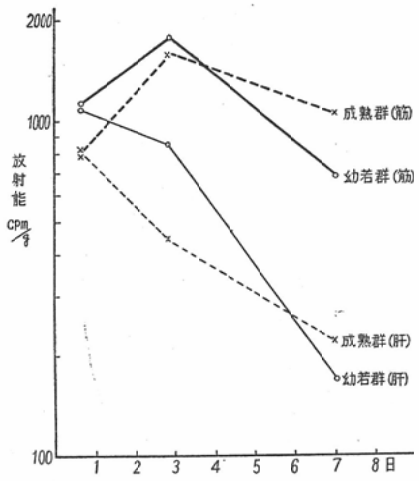
各點に於ける幼若群と成熟群の値を比較すると，筋肉は15及び67時間目は両群の間に有意な差を認めないが，167時間目では危險率5%で有意な差を認め，成熟群の方が多い．即ち3日位までは幼若群と成熟群の間に著明な差はないが，その後の減少は幼若群の方が著明である．肝は，15時間目では危險率5%，67時間目では危險率1%で有意の差を認め幼若群の方が多い．167時間目では有意の差を認めない．即ち3日位までは幼若群の方が多いが，その後は成熟群より速やかに減少する．

（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 分屑並びにその他の分屑に分け，各分屑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屑に分け，放射能を測定したが，myosin 及び actin 分屑には放射能を認めなかつた．即ち Cs^{137} とこれらの分屑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 Cs^{137} 摂取に及ぼす年齢の影響



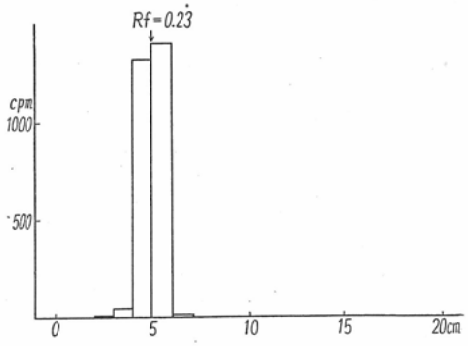
第3表　Cs^{137} 注射マウスの筋肉各分層の放射能

	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（$NaHCO_3+Na_2CO_3$）	858	828	924
上清（aceton）	25	70	39
actin 分層	20	435	0
残渣分層	116	208	87

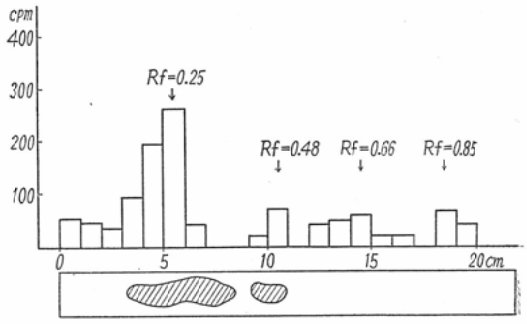
清（GS-M）に認められるが，myosin 分層にもわずかではあるが存在する．G-S 液による抽出液からTCAで處理して得られた沈澱卽ちTCA沈澱（GS-M）には放射能は全く認められない．上清（$NaHCO_3$），上清（$NaHCO_3+Na_2CO_3$），及び上清（aceton）の各分層はactin 分層調製の過程で生じたもので，余り重要な意味はないと思われる．actin 分層は，1日目及び3日目では Cs^{137} の存在が認められたが，10日目には認めることが出來なかつた．とくに，3日目に於て比較的高い値を示した．殘渣分層も3日目の試料が最も高い値を示した．

Cs^{137}を注射後24時間目のマウスの筋肉の3％NaCl 抽出液を paperchromatography で展開した．對照實驗として，Cs^{137} を投與しないマウ

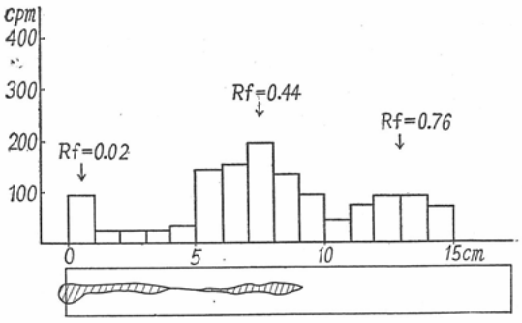
第2図　Cs^{137} の paperchromatogram
展開溶媒：EtOH-MeOH-MH_4CNS
展開距離：21.8cm



第3図　Cs^{137} 注射マウスの筋抽出液の paperchromatogram
展開溶媒：EtOH-MeOH-N-H_4CNS
展開距離：21.8cm
斜線はninhydrne反応による呈色部位を示す．



第4図　Cs^{137} 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．

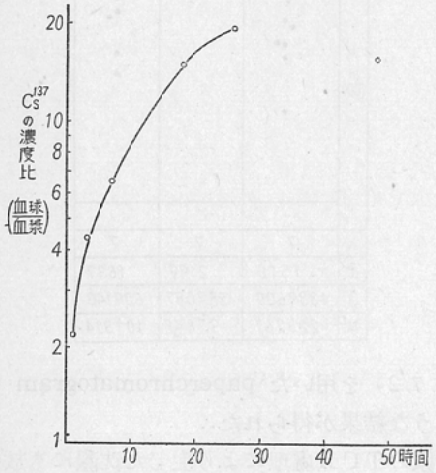


スの筋肉の3％NaCl 抽出液に Cs^{137} を添加した試料並びに Cs^{137} のみの試料を同じ溶媒で展開し，筋抽出液の共存が Cs^{137} の Rf 値に著しい變動を來たさないことを認めた．

第2圖は Cs^{137} を EtOH-MeOH-NH_4CNS 系溶媒で展開したもの，第3圖は Cs^{137} 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 Cs^{137} に相當するが，Rf ＝0，0.48，0.66及び0.85附近にも Cs^{137} 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 Cs^{137} 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図　血球と血漿中の Cs^{137} 濃度比

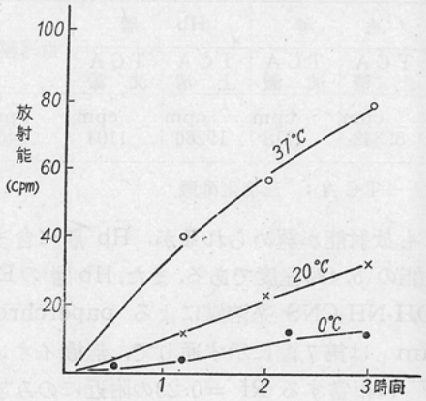


つぎに，同じように Cs^{137} を投與したマウスの筋肉の3％NaCl 抽出液に氷冷下で等容の10％ＴＣＡを加え，生じた沈澱を5％ＴＣＡで回洗い，沈澱の Cs^{137} を測定したが，全く放射能を認めることが出來なかつた

（4）　血液中の Cs^{137}

体重50ｇの雄ラッテの腹腔内に Cs^{137} 6 μc を

第6図　血球の Cs^{137} 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 Cs^{137} 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 Cs^{137} 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觀察するため，健常人血液に Cs^{137} を0.02μc/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 Cs^{137} 攝取は著明に減少する．しかし，0°Cに於てもなお Cs^{137} 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 Cs^{137} 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で處理し，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．

Cs^{137} 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處理による沈

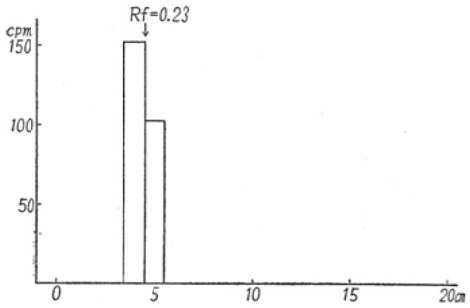
第4表　血液に於ける Cs^{137} の分布状態

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

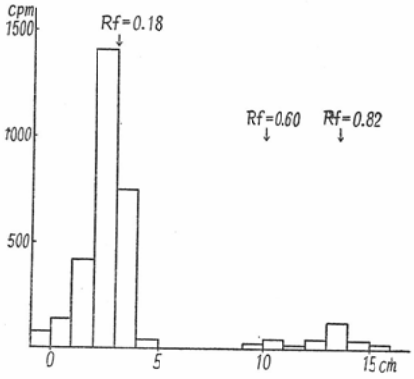
TCA：三塩化酢酸

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-NH_4CNS 系溶媒による paperchromatogram は第7圖に示す通りで，無機イオン型の Cs^{137} に相當する Rf ＝0.23の附近にのみ放射能

第7図　Cs^{137} を摂取した赤血球のヘモグロビン液の paperchromatogram
展開溶媒：EtOH-MeOH-NH_4CNS
展開距離：19.5cm

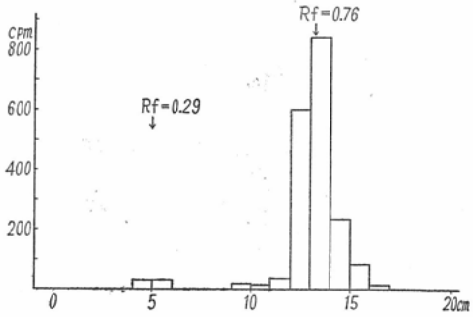


第8図　Cs^{137}を含む血漿のpaperchromatogram
展開溶媒：EtOH-MeOH-NH_4CNS
展開距離：16.5cm

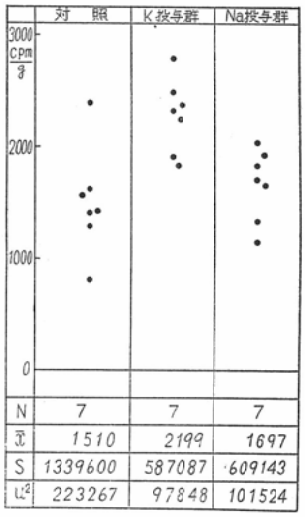


が認められ，Hb が存在する Rf ＝ 0附近には放射能を認めなかつた．溶媒として5%mandel 酸

第9図　Cs^{137} 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図　Cs^{137} 摂取に及ぼす Potassium 及び Natrium の影響
Cs^{137} 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



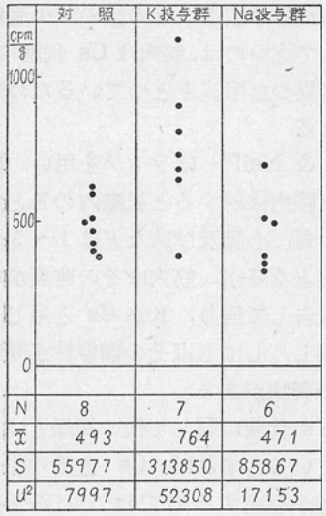
	対照	K投与群	Na投与群
N	7	7	7
$\bar{x}$	1510	2199	1697
S	1339600	587087	609143
u^2	223267	97848	101524

（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處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-NH_4CNS 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 Cs^{137} 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

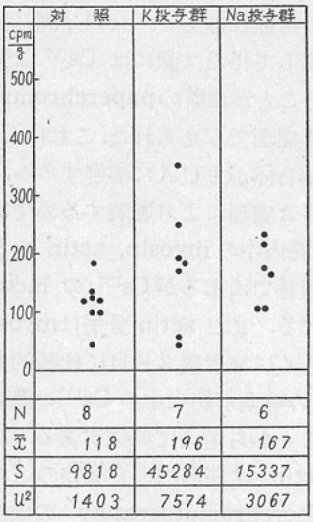
第11図　筋肉 Cs^{137} の摂取に及ぼす Potassium 及び Natrium の影響

Cs^{137} 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 Cs^{137} 摂取に及ぼす Potassium 及び Natrium の影響

Cs^{137} 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 Cs^{137} に相當する Rf ＝0.76のほか，Rf ＝0.29の位置に放射能が認められた（第9圖）.

（5）Cs^{137} 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，Cs^{137} 1.6 μc を腹腔内注射し，第1群は對照群とし，その後は何も注射せず，第2群は Cs^{137} 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，對照群とK投與群の間には危險率1%で有意の差が認められ，K投與群の方が多いが，對照群と 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 投與群との間には危險率5%で有意の差を認め，K投與群が多い．

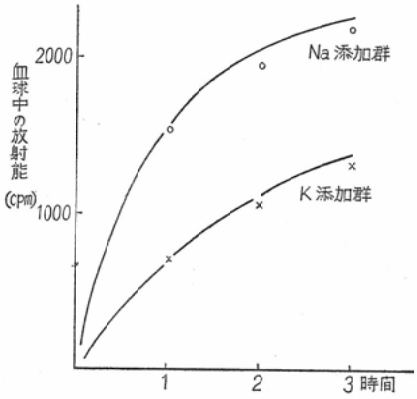
つぎに，やはり体重20gのマウスを3群にわけ，Cs^{137} 溶液（4 μc/ml）を第1群（對照群）は蒸溜水で，第2群（K投與群）は 1.15% KCl で，第3群（Na 投與群）は 0.9% NaCl でそれぞれ2倍に稀釋し，その 0.5 ml を腹腔内注射し，5日目に殺し，筋肉及び肝の放射能を測定した．第11及び12圖がその結果である．筋肉は危險率1%で，對照群とK投與群の間及びK投與群と Na 投與群の間には有意の差を認め，いずれもK投與群が多く，對照群と Na 投與群の間には有意の差は認められない．しかし肝では危險率1%で3つの群相互間に有意の差は認められない．

potassium は Cs^{137} と同時に投與しても，また Cs^{137} 注射後に投與しても，筋肉に對する Cs^{137} 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．

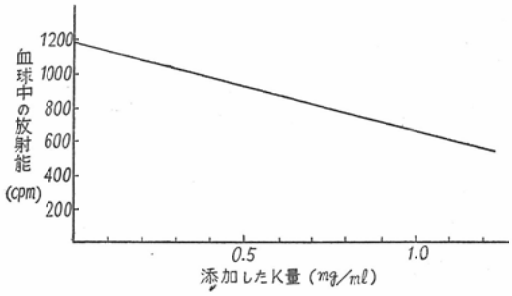
（ii）血　液

健常人血液に Cs^{137} を添加（1.5μc/血液1ml）し，K添加群と Na 添加群にわけ，血液1mlに對して，前者には1.15% KCl 0.1ml，後者には 0.9% NaCl 0.1mlを加え，37°Cに孵置し，血液細胞への Cs^{137} 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 potassum

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時間瞬置ののち血液細胞への Cs^{137} の移行を觀察した．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 と共にアルカリ金屬に屬し，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 & Snell[25]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 Hood[11]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日目頃までこの狀態が續き，その後の減少速度も他の組織に比して遲いのは，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るためではないかと思われる．

D'Silva & Neil[26]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 と用じくアルカリ金屬に屬し，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るとすれば，Cs と他の生体内物質との結合体が存在するのではないかと推察し，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めではないかと思われる．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 分屑はmyosin 分屑より多い．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}の濃度が上昇しつゝあることから考えて興味がある．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)13)]．また血液細胞によく攝取され，約24時間で血球中の Cs^{137} 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 Cs^{137} 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卽ち passive exchange の他に，何等か形で代謝と結びついた所謂 active transport によつていることを示している．

Maizel[27)] は血球を冷すとKの active transport は遲くなるが，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 & Paterson[28)] 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，Harris[29)] の報告によれば，冷した赤血球を正常温度に暫置する場合，培養液中に葡萄糖が存在すれば，再びKーイオンを攝取する．これは細胞のKー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．Rothstein[29)] 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 Cs^{137} 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 Cs^{137} 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 Tosteson[31)] の成績と類似している．しかし，Kを Cs^{137} と同時に與えても，又 Cs^{137} 投與後繰返し投與しても，筋肉への Cs^{137} incarparetion 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いることを示しているものと思われる．

總　括

健常人血液及びラッテ，マウスを用いて Cs^{137} の代謝につき檢討した．

1) 腹腔内注射された Cs^{137} 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遲い．

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 Cs^{137} 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 Cs^{137} 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 Cs^{137} 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 Cs^{137} 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 Cs^{137} の移行はKの添加により減少する．動物に Cs^{137} 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 Cs^{137} incorporation は増加する．

Cesium は筋肉に親和性があるが，Cs^{137} 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，Cs^{137} が体内に入つ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薗教授，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　献

1) 吉沢康雄：生化学25，562 (1954). —2) 吉沢康雄，亘理勉：生化学，27，473 (1955). —3) 亘理勉，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, 亘理勉：放射線綜合研究報告集録, 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.: UCLA- 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 Iarson, K.: UCLA-294 (1945). —21) Szent-Györgyi, A.: Chemistry of Muscular Contraction. (1951) Acad. 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, 高橋晄正, 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：放射線綜合研究報告集録, 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 Medern Physics, **25**, 553 (1953). —33) Rediske, J.H. and Selders, A. A.: HW-25021 (1952). —34) Weeks, M.H. and Oakley, WD.: 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 uniformely 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 transfered rapidly to blood cell and its rate decresed 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 decresed in proportion to content of potassium. The administration of potassium incresed the incorporation of Cesium-137 to muscle.