

家蚕の生理機能に及ぼす放射性同位元素の影響に関する研究

(I) Ca^{45} の経口的摂取による蚕体諸組織への吸収状況と呼吸作用への影響に就いて

蒲生 俊 興*・西山 久 雄*

Toshioki Gamo and Hisao Nishiyama : Some Observations of Biological Influences of Radio-active Isotopes upon the Physiological Functions of the Silkworm

(I) On the Absorption of Ca^{45} administered through the Mouth into Several Tissues of the Silkworm and its Injurious Effects upon the Respiratory Function

(1956年10月1日受理)

I 緒 言

放射線の生物体に対する影響に就いてはX線, Radium (α, β, γ 線), 中性子等に就いて, 精細なる研究があるが, 近年人工放射性物質が創製せられてから, 各種の人工放射性アイソトープを利用し, 所謂追跡子として, 動植物の生理作用の研究に応用せられたことは周知の事実である。更に近來水爆実験などから所謂放射能雨又は塵埃等から作物及び昆虫類の生理機能に対する放射線の影響が問題となつて来た。

著者等は先づ Ca^{45} の蚕体生理機能に及ぼす影響を研究し, Ca^{45} を食下後蚕体諸組織に吸収せられる迄の経過時間と Ca^{45} を摂取した蚕体の単位生体重に対する酸素消費量を対照蚕児と比較研究することが出来たから, 茲に第一報を報告する次第である。

II 実験方法

Ca^{45} を用い第五齡盛食期蚕児への給桑後10分(食桑最中), 2時間後(飽食直後), 5時間後(空腹時)に経口的に0.01% $\text{Ca}^{45} \text{Cl}_2$ 水溶液0.1ccを口腔内に注入し, その後5分, 10分, 15分, 20分, 30分, 60分の後蚕体を解剖して血液0.1cc, 神経系統, 脂肪組織, 生殖器(卵巢又は睪丸), 筋肉及び絹糸腺を濾紙上に採取し, 風乾して乾物量を測定し, Geiger-Müller 計数管によつて, 1分間内の放射線量(c/m)**を計測し, 血液は1ccにつき, 他の組織器官に就ては乾物量1g当の計数値に換算して比較研究した。同時に第五齡起蚕に $\text{Ca}^{45} \text{Cl}_2$ (0.01%) 液0.1ccを同様に口腔内に注入して摂取させた蚕児を飼育し, その後毎日1回宛 Warburg 検圧計によつて30分間

内に於ける酸素の消費量を測定し, その値を生体重100g当に換算して対照蚕児の場合と比較した。

III 実験成績の概要

(1) 消化管を經由して Ca^{45} の血液中への吸収

放射線計数値が $146.2 \pm 4.4 \text{c/m}$ に相当する 0.01% $\text{Ca}^{45} \text{Cl}_2$ 液0.1ccを, 前記各区の第五齡蚕児の♀各1頭宛の口腔内に注入したもつから, 5~60分の後血液0.1cc宛を採取して乾燥せしめ, 放射線量を測定した所, 第1表の如き計数値を得た(♀の平均値を示す)。

第1表

給桑後 Ca^{45} 注入迄 Ca^{45} 注入後時間	10分間 (食桑中)		2時間 (飽食直後)		5時間 (空腹時)	
	注入液 計数値に 対する 割合	注入液 計数値に 対する 割合	注入液 計数値に 対する 割合	注入液 計数値に 対する 割合	注入液 計数値に 対する 割合	注入液 計数値に 対する 割合
分	c/m	%	c/m	%	c/m	%
5	4.65	3.18	54.30	37.14	64.50	44.11
10	21.90	14.97	42.50	29.07	36.30	24.83
15	23.75	16.24	52.70	36.05	40.85	27.94
20	29.80	20.38	45.40	31.05	17.75	12.14
30	16.85	11.53	48.40	33.11	45.20	30.92
60	28.85	19.73	58.95	40.32	27.90	19.08

この成績によると, 血液中への Ca^{45} の吸収量は, 飽食直後の口腔内注入の場合に最も多く, 食桑中は比較的少いが, 注入後時間経過に従つて稍々増加し, 又空腹時には血液中への吸収最も速いが, 時間の経過するにつれて血液内の保有量が著しく減ずる傾向が見えるのは, 後に記す如く, 蚕体内諸組織器官への移行に因るものと考えられる。

(2) 蚕体内諸組織器官への Ca^{45} の吸収

蚕体内各組織器官の乾物1g当の♀各平均1分間内放射線計数値(c/m)を表示すれば第2表の通りである。

* 信州大学繊維学部 養蚕学教室

**c/mは1分間内に計測した Count 数である。

第2表

給桑後Ca ⁴⁵ 注入迄時間	Ca ⁴⁵ 注入後時間	組織器官(乾物1g)中の放射線量(γの平均)					合計
		神経系統	脂肪組織	筋肉組織	絹系腺	生殖器	
(食桑中) 10分	分						
	20	c/m	c/m	c/m	c/m	c/m	c/m
	30	5444.4	1000.0	294.1	303.5	2555.6	9597.6
(飽食後) 2時	30	6277.8	2377.8	206.9	311.7	3357.1	12531.3
	60	5933.3	5061.2	2110.0	463.0	3925.9	17493.4
	20	5684.2	4580.0	634.1	356.9	5090.9	16346.1
(空腹時) 5時	30	7950.0	4383.0	2785.7	532.4	3098.4	18749.5
	60	8470.6	4057.1	6312.5	562.6	6933.3	26336.1
	20	7190.5	1833.3	3983.6	241.3	3746.7	16995.4
	30	6466.7	2181.8	5727.3	404.1	5160.0	19939.9
	60	8437.5	2854.2	6214.3	419.8	7000.0	24925.8

この成績から観ると(1)神経系統へのCa⁴⁵の吸着が最も多く、生殖器之に重き、又筋肉及び脂肪組織更に之につき、絹系腺への吸着は比較的少い。(2)食桑中Ca⁴⁵を口腔内注入をした場合は空腹時又は飽食直後注入をした場合に比して各組織器官への吸着量が比較的少い。(3)Ca⁴⁵の口腔内注入後比較的速く吸着されるのは、神経系統と筋肉に対しては空腹時であるが、生殖器や脂肪組織では飽食直後のようである。

(3) Ca⁴⁵を摂取せしめた蚕児の呼吸機能

第五齡起蚕の口腔内に0.01% Ca⁴⁵ Cl₂を0.1ccを注入して摂取せしめた蚕児の第五齡期、營繭期、蛹期及び成虫期20日間に亘り、發育中に於ける生体重100g当30分間の酸素の消費量を Warburg 検圧計によつて測定したるに次表のような結果を得た。

第3表

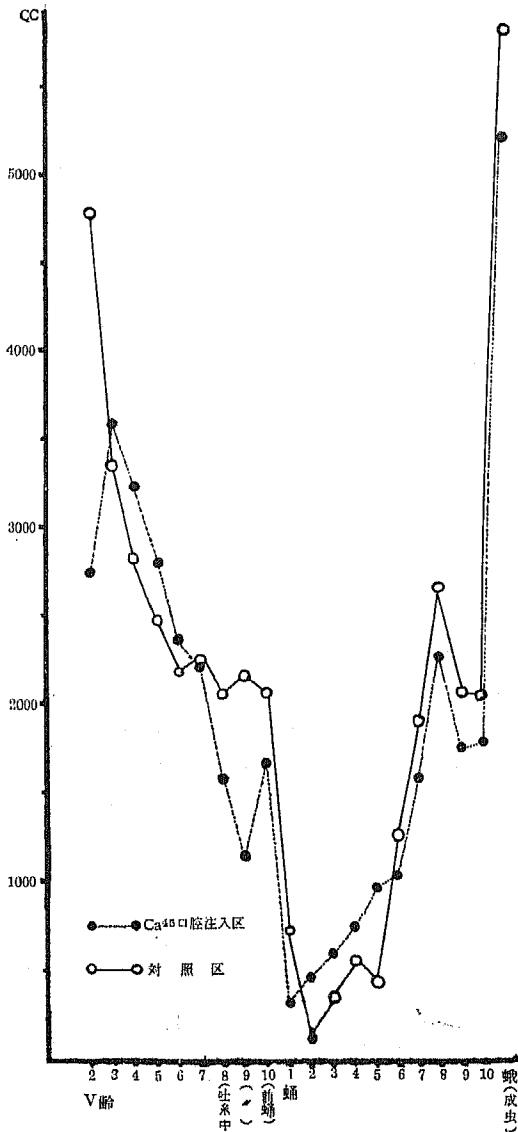
發育経過	生体重100g当30分間酸素消費量(cc)	
	Ca ⁴⁵ 口腔注入区	対照区
第五齡2日目	cc 2752.27	cc 4789.83
〃 3 〃	3585.31	3358.40
〃 4 〃	3229.61	2811.64
〃 5 〃	2808.27	2478.95
〃 6 〃	2366.73	2182.36
〃 7 〃	2210.62	2234.65
〃 8 〃(吐糸中)	1559.47	2060.02
〃 9 〃(同上)	1140.89	2150.41
〃 10 〃(前蛹)	1676.08	2071.62
化蛹直後	303.59	726.89
〃 2日目	457.05	105.34
〃 3 〃	590.45	351.59

〃 4 〃	739.03	552.30
〃 5 〃	969.94	431.51
〃 6 〃	1033.10	1243.56
〃 7 〃	1572.13	1894.54
〃 8 〃	2280.51	2667.07
〃 9 〃	1732.61	2065.04
〃 10 〃	1764.78	2034.25
成虫(蚕蛾)	5188.15	5816.82

上記の成績に観れば、第五齡の初期即ち生長期に於ては、対照蚕児に比べてCa⁴⁵摂取区の呼吸量比較的少いが、蛹の初期(変態休止期)にはCa⁴⁵摂取区は対照区に比し酸素消費量稍々多く、成虫期に至ればCa⁴⁵区が再び対照区より呼吸量が少くなることが判つた。即ちCa⁴⁵Cl₂(0.01%)溶液0.1ccを経口的に摂取せしむれば、發育生長又は活力の旺盛なる時期(第五齡の初期と成虫期)には、対照区に比べて呼吸量が少いが、変態休止期(蛹期の初期)には却てCa⁴⁵摂取区が対照区より呼吸量が稍々多い傾向を示している。若者等(1954)の別途の研究では蚕児の第五齡初期及び成虫期に呼吸量比較的多く、又蛹期の初期頃には酸素消費量の少い蚕ほど、比較的強壯であることが立証されているから、本実験の範囲内では、Ca⁴⁵を摂取せしめた蚕児が対照区に比し、明かに放射線の影響を受けて抵抗力が弱少となつていくことがわかる。いま第3表を图示すれば第1図の通である。

IV 結 論

蚕児にCa⁴⁵ Cl₂の0.01%水溶液0.1ccを経口的に摂取せしめる場合は、空腹時や絶食期には極めて迅速に血液



第1図 生体重100g当30分間酸素消費量
 縦線：生体重100g当30分間酸素消費量(cc)
 横線：発育経過

中に吸収せられ、嚥下後5分間で、既にその44%余を血液中に吸収する。かく吸収されたCa⁴⁵は先づ神経系統に吸着し、続いて生殖器、筋肉、脂肪組織及び絹糸腺等に吸着せられる。而もそれ等の諸組織器官への吸着は空腹時又は飽食直後のCa⁴⁵摂取区に著しい。尚第五齡起蚕の空腹時に0.01% Ca⁴⁵Cl₂ 0.1ccを口腔内に注入した場合の蚕兒、蛹及び蛾体の呼吸機能を対照蚕兒と比較すれば、Ca⁴⁵摂取区蚕は第五齡の初期及成虫期等の如く生長又は活力の旺んな時期に於て呼吸作用に対する影響著しく、従て蚕の抵抗力が虚弱化していることを示す。

附記) 本研究は文部省の科学研究費によつて施行したもので昭和30年8月 Genève に於ける原子力の平和利用に関する国際会議に提出したものである。尚本実験を行うに当ては常に本学部蚕体生理学教室中曾根晴子氏の多大の御援助を蒙つたものであり、茲に併せて深甚なる感謝の意を表する次第である。

引用文献

蒲生俊興・関博夫及西山久雄：日蚕誌，23，197（1954）
 T, BERNERT : Die Künstliche Radioaktivität in Biol. u. Mediz. (1949)
 G. HEVESY : Radioactive Indicator, (1948)
 F. G. SPERAR : Radiations and Living Cells, (1950)
 村上悠紀雄：放射能——その実体と利害（1955）
 湯浅 年子：放射性同位元素とその生物学医学への応用（1950）

Summary

The following study was carried out for the purpose of elucidating the absorption of radioactive Ca-45 administered through the mouth into several tissues or organs of the silkworm larva, i. e., blood, nervous system, sexual organs, muscle, fatty tissue and silk gland, and the injurious effects upon the health which might be indicated by measuring the amount of the oxygen consumption per unit weight of the silkworm larva, pupa and imago.

Method

The experimental works were carried out on normal fifth stage silkworm larva, on which experiment 0.1 cc of 0.01% $\text{Ca}^{45} \text{Cl}_2$ water solution was administered by the alimentary canal to the worms on either case of (1) in the course of feeding mulberry leaves (10 minutes after feeding), (2) on the surfeit state (2 hours after feeding), (3) on the hungry state (5 hours after feeding) by pouring the solution through the mouth.

On each of these three classes, we arranged six classes respectively: 5, 10, 15, 20, 30 and 60 minutes after administration of the labeled calcium. The worms were anaesthetized with ether, and tissues to be analyzed were dissected out on a filter paper and dry matters of the tissues were weighed and the radio-activity of samples was measured by using the Geiger-Mueller counter.

On the same time, we measured the amounts of oxygen consumption of the same materials by using Warburg's manometer, during ten days of the larval stage and more ten days after pupation till the imaginal stage, and the amount of oxygen consumption per 100 g of fresh material for 30 minutes was compared with the normal worm.

Results

I) The absorption of radio-calcium into the blood via alimentary canal

Around 5, 10, 15, 20, 30 and 60 minutes after administration of radio-calcium to the silkworm larva, 0.1 cc of the blood was taken on a filter paper and dried up and then the radio-activity was measured by using the G-M counter, calculating the percents of the absorbed and remained dose to the total doses administered, where the amount of doses is measured in number of counts per a minute:

Table 1 Radioactivity of 0.1 cc of blood on each time after feeding mulberry leaves

Time after administr. of Ca^{45}	10 m		2 hs		5 hs	
	No. of counts	Percent of absorbed dose	No. of counts	Percent of absorbed dose	No. of counts	Percent of absorbed dose
5 min.	4.65 c/m	3.18 %	54.30 c/m	37.14 %	64.50 c/m	44.11 %
10	21.90	14.97	42.50	29.07	36.30	24.38
15	23.75	16.24	52.70	36.05	40.85	27.94
20	29.80	20.38	45.40	31.05	17.75	12.14
30	16.85	11.53	48.40	33.11	45.20	30.92
60	28.85	19.73	58.95	40.32	27.90	19.08

According to the above table, the maximum quantity of absorbed Ca^{45} was found in the worms on the surfeit period. At the hungry state, however, radio-calcium rather seemed to be more quickly absorbed into blood than the other two cases, in view of denoting the highest value of count at 5 min. after administration, and the calcium absorbed in blood would quickly be transferred to several organs, considering the gradual decrease of the radio-calcium absorbed in blood. This fact will be clarified by the following experiment.

II) The uptake of radio-calcium by various visceral organs or tissues

Uptakes of Ca^{45} by nervous system, sexual organ, fatty tissue, muscle and silk gland were measured on each 20, 30 and 60 minutes after oral administration of $Ca^{45} Cl_2$ (0.01%). The results thus obtained are shown as follows:

Table 2

Time of administr. after feed.	Time of measurement aft. admini. of Ca^{45}	Radio-activity of visceral organs per 1 g dry matter					
		Nervous system	Fatty tissue	Muscle	Silk gland	Sexual organ	Total
		c/m	c/m	c/m	c/m	c/m	c/m
10 m	20 m	5444	1000	294	304	2556	9598
	30	6278	2378	207	312	3357	12531
	60	5933	5061	2110	463	3926	17493
2 h	20	5684	4580	634	357	5091	16346
	30	7950	4383	2786	532	3098	18750
	60	8471	4057	6313	563	6933	26336
5 h	20	7191	1833	3084	241	3747	16995
	30	6467	2182	5727	404	5160	19940
	60	8438	2584	6214	420	7000	24926

According to the above results, we can assume as follows:

(1) The nervous system generally takes up the largest amounts of Ca^{45} , and the sexual organ, muscles and fatty tissue follows successively in this order.

(2) Amounts of uptake of Ca^{45} by these visceral organs were attained to the largest in the case of administration on the hungry or surfeit state.

III) Injurious effects of Ca^{45} upon the respiratory function

The close relation between the amount of oxygen consumption per unit weight of silkworm and the degree of the health of the worm was found by the authors (GAMO and NISHIYAMA, 1954); that is, the amount of oxygen consumption of the normal silkworm larva is larger than the injured one in the growth period of the fifth stage larva and *vice versa* in the diapause period of pupal stage. The fact mentioned above is also ascertained by next experiment on the injured silkworm caused by radio-calcium:

Table 3

Stage	Amount of Oxygen Consumpt. per 100 g of body wt. during 30 m.		Index number	
	Normal	Silkworm administ. Ca^{45}	Normal	Ca^{45}
Growth period (average value of 2—4th day larva of the 5th stage)	3420.0 ^{cc}	3139.1 ^{cc}	100	93.2
Diapause period (average value of the beginning of pupal stage)	228.5	380.3	100	166.4
Imaginal stage	5816.9	5188.2	100	89.2

By considering the above results, we may conclude that the silkworm on the hungry state will be injured more hardly by the administration with radio-calcium, where the degree of health might be indicated by the amount of the oxygen consumption measured by using Warburg's manometer. But our investigation about the physiological cause of injurious effects of radio-calcium on the health of silkworm is now under way concerning the relation between radio-calcium and respiratory enzymes.

(Faculty of Textile and Sericulture, Shinshu University, Ueda, Japan)