



Title	X線の染色體變異誘起作用に對する温度の影響
Author(s)	倉林, 正尚; KURABAYASHI, Masataka
Citation	低温科學, 7, 139-147
Issue Date	1951-09-05
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/17506
Type	departmental bulletin paper
File Information	7_p139-147.pdf



Masataka KURABAYASHI 1951 Effect of Temperature Upon the Induction of Chromosome Aberration Due to X-Ray Irradiation. *Low Temperature Science*, 7. (With English résumé p. 147)

X線の染色體變異誘起作用に對する溫度の影響*

倉 林 正 尚

(北海道大學理學部 植物學教案, 低溫科學研究所 生物學部門)

(昭和 21 年 11 月受理)

前の論文(倉林 1951)において, X線照射を施したツクバネソウの胚珠組織を用いて 20°C 及び 0°C における異常細胞の出現の頻度を時間的に追跡することによりその溫度における分裂の進行速度を知つたのであるが, この論文では, 同じ材料を用いて, 高温及び低温が染色體變異の誘起に如何に影響するかを觀察した。

觀 察

X線により生ずる染色體變異を染色體切斷 (cs. b.), 染色分體切斷 (ct. b.), 染色體部分交換 (cs. t.), 染色分體部分交換 (ct. t.), 染色體分斷 (cs. d.b.), 染色分體分斷 (ct. d.b.) の 6 種に分け, X線照射後行われた最初の分裂の中期の細胞につき分析して統計を取つた(第 1 表)。この内, 分斷なる言葉はここに新たに用いられたものであつて, これは今まで切斷と同一物に取扱われて來た。兩者の出現の機構は同じであるが, 中期の染色體にて切斷片がもとの位置に附著しているか離れているかで區別される。(圖 1, 4)。

i) 1 細胞内に含まれる染色體變異の數

X線照射後, 最初の分裂の中期に在る細胞に含まれる染色體變異の平均頻度をみると(グラフ 1), 20°C では 2 時間以後急激に増大し, 8 時間で最高に達し, 一旦減少するが, 48 時間で再び最高に達し(8 時間の時より低い), 以後減少する。0°C では 36 時間で現われ, その後 20°C の場合と同様の, 時間的によりゆるやかな變化を示し, 96 時間及び 144 時間にそれぞれ最高を記録する。

従來, 染色體が X線に敏感な時期は前期であるとするのが一番多いようである(Sax 1940)が, この場合も明瞭にそれを示している。分裂開始以後は急激に X線に對する抵抗性を増す。

0°C における方が 20°C におけるよりも最高時の異常頻度が大きであり, また全體的にも 0°C の方が異常が多い。

ii) 染色分體異常の頻度

* 北海道大學低溫科學研究所業績 第 129 號。

第1表 20°C及び0°Cにおける固定時間 (Hrs); 染色體切斷 (cs. b.), 染色分體切斷 (ct. b.), 染色體部分交換 (cs. t.), 染色分體部分交換 (ct. t.), 染色體分斷 (cs. d.b.), 染色分體分斷 (ct. d.b.) の頻度; 分析した細胞の全數 (No. Cell Analysed); 分析した細胞における染色體變異の平均頻度 (Freq. Aber. Per Cell); 染色分體變異の全變異に対する百分比 (% of ct. Aberr.); 同左, 染色體部分交換 (% of Transl.); 切斷の, 切斷と分斷との和に対する百分比 (% of Breakage).

Temperature	Hrs	cs. b.	ct. b.	cs. t.	ct. t.	cs. d.b.	ct. d.b.	No. Cell Analysed	Forq. Aber. Per Cell	% of ct. Aberr.	% of Transl.	% of Breakage
20°C	2	1	0	0	2	1	0	40	0.10	—	—	—
	4	1	11	0	6	1	0	7	2.71	89	32	92
	8	27	81	13	22	10	2	21	7.38	68	23	90
	12	39	40	5	27	8	4	26	4.73	58	26	87
	24	29	35	23	21	26	3	40	3.42	43	32	69
	36	34	28	16	41	69	3	52	3.68	38	30	51
	48	22	28	30	50	87	15	51	4.55	40	34	33
	72	2	3	2	11	19	4	22	1.86	44	32	18
0°C	36	3	34	0	5	0	0	136	0.31	93	12	100
	48	7	26	0	7	0	0	63	0.62	83	17	100
	72	59	76	13	44	5	0	23	8.57	61	29	96
	96	34	65	24	72	9	0	20	10.20	67	47	92
	120	22	58	24	50	8	4	21	7.90	67	45	87
	144	28	51	32	92	18	3	23	9.74	65	55	79
	168	18	25	18	29	7	5	15	6.80	58	46	78
	192	14	13	7	11	10	0	12	4.58	44	33	73

早い前期に X 線の照射を受けると染色體變異が多くなり, 分裂過程に入ってから照射されると染色分體變異が多くなる (グラフ 2). 20°C には染色分體變異は照射後 24 時間までは次第に減少するが, 以後 40 % 前後の値を示し, さして増減しない. 0°C では 72 時間まで減少し, 以後 60 % 前後の値を示す. 20°C と 0°C とで減少の速度が異なるのは當然であるが, 0°C の方が染色分體變異の割合が全般的に高いのは如何なる原因によるか不明である. 染色體變異と染色分體變異とは, 同一細胞内には勿論, 同一染色體の同一腕上にも混在して見られる (圖 1, 3, 4, 5). この點ムラサキツユクサの花粉の場合 (Sax 前出) とは異なつていて, オオバナノエンレイソウの花粉母細胞で得られた結果と一致している (松浦, 芳賀 1946). 即ちツクバネソウの胚珠組織では, 染色體は常に染色分體單位で X 線に反應し得ることを示している. そして前期の或る時期以後染色分體として反應する割合が増加する. 従つて, この時期に染色體の縦裂が行われると看做されるわけである. このように染色體の縦裂とは, 前からあつた 2 本の染色分體がより獨立なものになることに過ぎない.

iii) 染色體部分交換の頻度

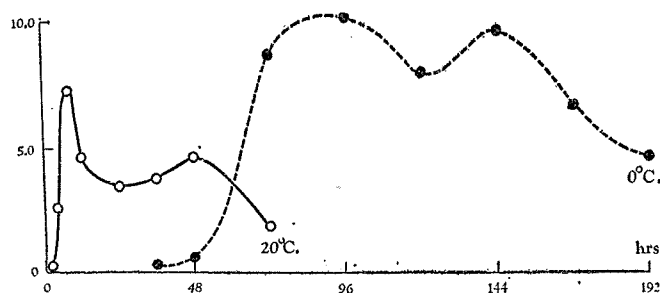
全染色體變異に対する部分交換の百分比は, 20°C ではほぼ一定しているが, 0°C では照射後 144 時間に最高を示し, その前後に向つて徐々に減少している. 平均の割合は 20°C における方

が低い (20°C では 29.9%, 0°C では 35.5%)。この結果から低温は部分交換を増加せしめることがわかる。部分交換は、X線によつて獨立に生じた二つの切斷部位が合着することによつて出來上るものと考えられている (Sax 40)。従つて他の型の變異よりも、X線照射後の條件變化に影響されることが著しいのは當然である。しかしこの場合、分裂速度の變化の影響もあわせて考慮しなければならない。即ち、分裂の一定時期に部分交換が増加し、その時期に相當する細胞が 0°C において中期に停滯せしめられたならば、見掛の増加は實際の増加を上廻ることが考えられる。低温における部分交換の増加はこれら二つの factor の協同によると看做される。染色體の輪及び中間缺失は部分交換と同じ機構で生ずる變異であるが、この觀察では見出せなかつた。

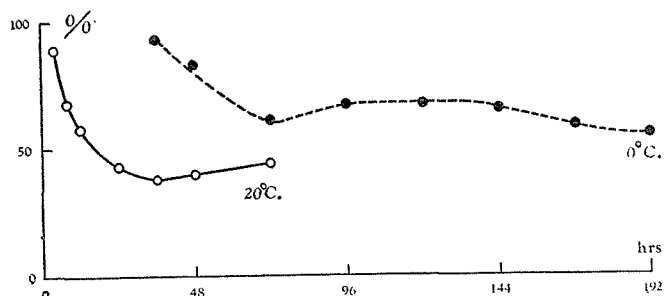
iv) 染色體分斷の頻度

前述の如く、分斷と切斷とは X線照射により同じ機構で出來る異常である。しかしこの二つの型の變異は明らかにその出現頻度が時間的に異なるので、ここで區別して分析した。

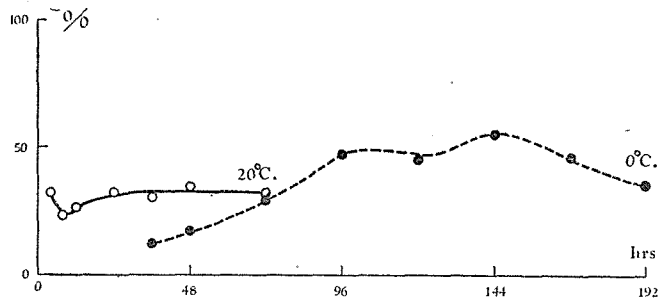
切斷の、切斷と分斷との和に對する百分比を見ると (グラフ 4)、始めはほとんど切斷のみであるが、次第に分斷が増加する。これは早い前期に起つた切斷は分裂期に入つてから起つたものよりも、その切斷片が元の位置から離れ易いことを示すものである。



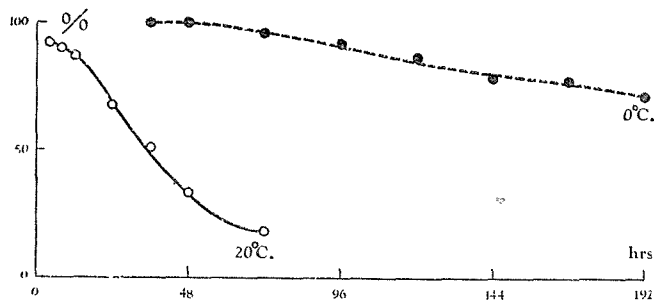
グラフ 1: X線照射後最初に行われた分裂の中期の細胞における染色體變異の頻度(實數). 縦軸は頻度(Freq), 横軸は時間(Hrs)を表わす。



グラフ 2: 全染色體變異に對する染色體變異の百分比。



グラフ 3: 染色體部分交換の全染色體變異に對する百分比。



グラフ 4: 切斷の切斷及び分斷の和に對する百分比。

(グラフ 2~4 において、横軸は時間 (Hrs), 縦軸は百分比 (%) を表わす。)

考 察

高温 20°C 及び低温 0°C における X 線照射による 染色體變異の 頻度の 變化は その 温度に おける 分裂速度に 依つて 時間的な ずれを示すことは 當然であるが、全體的に見て、低温の方が高温におけるよりも頻度が大きい。これまでも X 線による變異の頻度が低温にて増大することが報告されている (Sax 前出等)。それ等の場合、照射時に温度差を與えているのであるが、筆者は照射後に温度を變じたのに同様の結果を得た。この材料は X 線照射を終るまでは全く同一の條件に置かれていたのだから、差異は照射後の温度差によるものである。即ち X 線の刺激を受けてから染色體變異が出來上るまでには相當の時間と幾つかの中間過程が必要なことを示すものである。Sax (前出)は切斷部位が他に附着する能力を失うまでには或る時間を要するというを以て部分交換の頻度に對する“Time Factor”を説明しているが、このような切斷部位の特性が細胞分裂進行中の染色體の行動のテンポ及び原形質、特に基質の粘性の差異等に影響されて變化することも充分考えられる。また彼は、高温による異常の減少は切斷部位が急速に合著してしまうか、或は染色體がゆるんだ状態に在つて、移動し難いことなどが切斷部位をして元の箇所に戻合させてしまい、異なつた切斷箇所が合著する機會が減少するためである (前出 p. 63) といつているのは首肯し得ることである。

上述の如く、X 線照射時の核の状態やその後の分裂の進行様様が染色體變異の出現に大きな影

響を及ぼすことは疑いのない所であつて、この事は異なる材料を用いて爲された研究結果を比較するに際し充分考慮すべきである。

Swanson (1947) は、染色體が2本の糸から成る如く行動するのが一般であるのは、染色體をして一つの纏つた構造たらしめる染色糸以外の物質があるのに依るのであつて、基質がこれに相當するのではあるまいかと考へているが、筆者の實驗において、染色體分斷の出現頻度の時間的變化も同様の考へで説明できると思われる。即ち、X線によつて生じた切斷片がもとの位置から離れるか否かという染色體の縦のつながりに關する現象も、基質の状態によつて左右されていると考えられるのである。松浦 (1941) の如く、基質は分裂が進むに従ひ染色糸に結合されて粘性高き物質となる。従つて、前期の遅い時期にある細胞に起つた切斷により生じた斷片は基質の結合力で元の位置を離れることがない。これに反し、前期の早い時期に起つた切斷は基質の支持が弱いために分斷となる場合が多くなる。勿論、基質の結合は染色體の縦の結合だけでなく、對を爲す染色體の横の結合にも役立つことは、染色體分斷が甚だ稀であつて (表1)、しかも、照射してより長時間後、染色體分斷に後れて現われることからわかる (外の型の變異では、染色體變異が常に染色體變異に先出つて現われる [表1参照])。0°Cにては、分斷の頻度の割合は20°Cの場合より遙かに低く、時間的ずれを考慮しても少な過ぎる。これは0°Cの場合は原形質の粘性が高く、従つて20°Cの場合よりも基質による支持が有效なのに基づくのであろう。

摘 要

前の論文 (倉林 1951) と同じ材料を用い、X線の染色體變異誘起作用に對する溫度の影響を観察した。

X線照射後、最初に行われた分裂の中期の細胞の染色體變異を6種の型に分けて分析した。得られた結果は次の如くである。

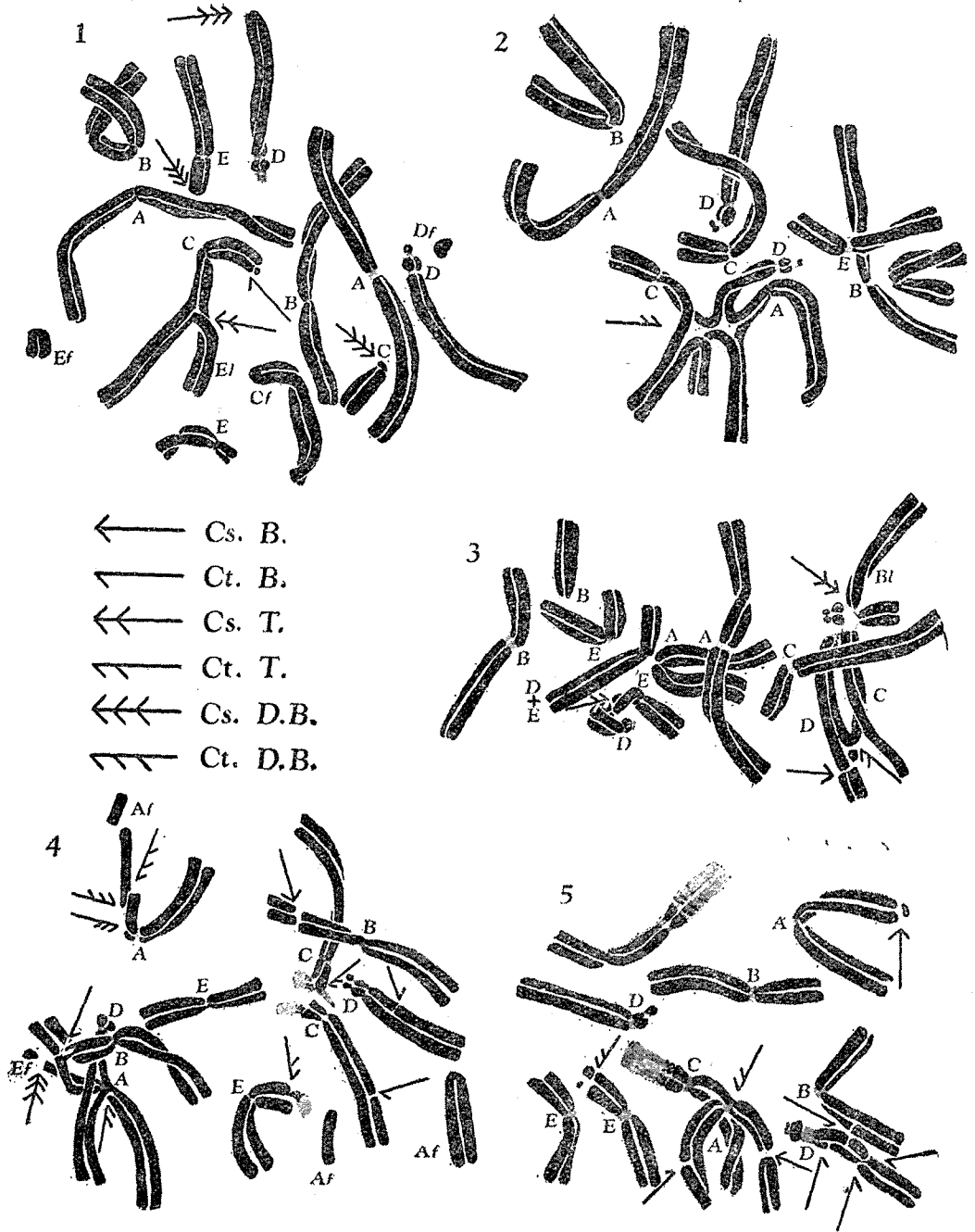
- 1) 變異の頻度は高温 (20°C) におけるよりも低温 (0°C) における方が大きい。
- 3) 前期の初めに X線の照射を受けた場合は染色體變異が多く、分裂が進んでから受けた場合は染色體變異が多くなる。
- 3) 染色體部分交換の頻度の割合は、20°Cでは時間的に變化が見られないが、0°Cでは照射後144時間に最高に達し、その後徐々に減少している。そして、平均の頻度の割合は0°Cにおける方が高い。
- 4) 染色體分斷は早い前期に照射された場合に多く見られ、分裂が進んでから照射された細胞にはほとんどない。又0°Cの場合の方が20°Cの場合よりも少ない割合で見られる。

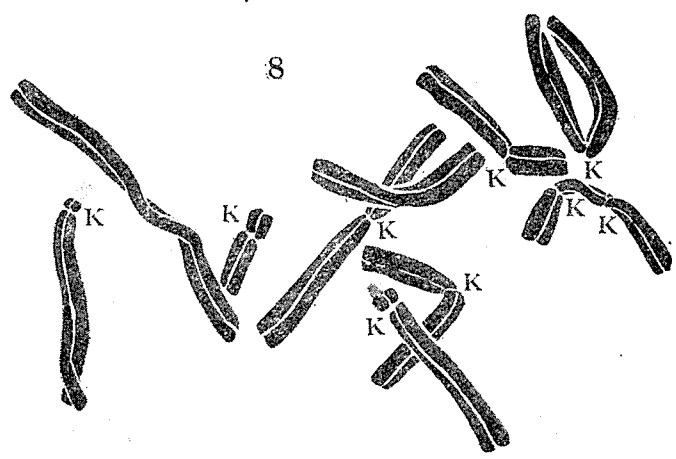
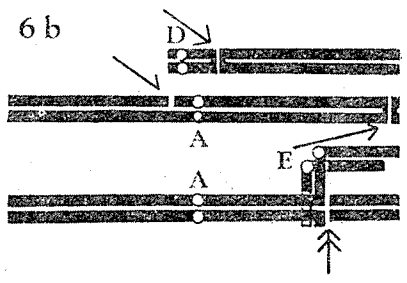
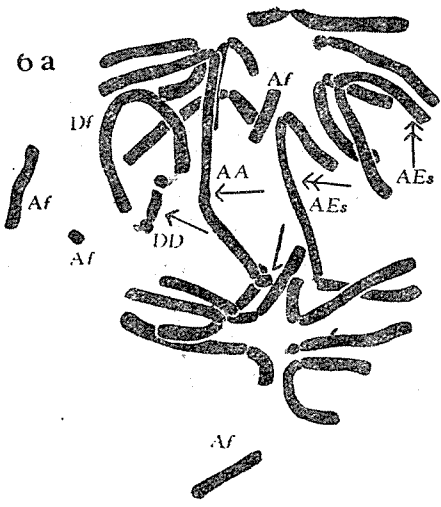
終りに當り、この研究を進める上に多くの示唆と批判とを與えられた理學部松浦教授及び低温科學研究所芳賀博士に深甚な感謝を捧げる。

文 献

- Haga, T. 1934 The comparative morphology of the chromosome complement in the tribe Parideae. Jour. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ. Ser. V Bot. 3, 1.
- Kurabayashi, M. 1948 Effect of temperature upon the differential reaction of chromosomes. Low Temp. Sci. (Sapporo) 4, 97.
- Kurabayashi, M. 1951 Effect of temperature upon the velocity of mitosis. in press.
- Mastuura, H. 1941 Chromosome studies on *Trillium kamtschaticum* Pall. XIV. Primary and secondary chiasmata. Cytologia, 11, 380.
-, and T. Haga 1946 do. IX. Chromosomal aberrations induced by X-ray treatment. Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. V, Bot., 6, 1.
- Sax, K. 1940 An analysis of X-ray induced chromosomal aberrations in *Tradescantia*. Genetics, 25, 41.
- Swanson, C. P. 1947 X-ray and ultraviolet studies on pollen tube chromosome. II. The quadripartite structure of the prophase chromosomes of *Tradescantia*. Proc. Nat. Acad. Sci., 33, 229.

圖1~8. Cs.B.: 染色體切斷, Ct.B.: 染色分體切斷, Cs.T.: 染色體部分交換, Ct.T.: 染色分體部分交換, Cs.D.B.: 染色體分斷, Ct.D.B.: 染色分體分斷. 1, 2: 20°Cに48時間保つた個體の中期, 2) において染色體A, C, Dの3本が同一個所で染色分體部分交換を起している. 3: 20°Cに8時間保つたもの, 染色體Bの長腕及びC, Dが動源體の所で染色體部分交換を起している. そのD染色體の長腕には, 染色體變異と染色分體變異とが共存している. 4, 5: 0°Cに120時間保つたもの, 4) の左上の染色體Aの一腕に介在的の染色分體分斷の珍しい例が見られる. 5) の下左より2番目の染色體Eにおいて, 同一腕の2本の染色分體が末端近くにて, 僅少の差の個所で染色分體切斷を起し, その一方が他と部分交換を行つている. 6a: 20°Cに48時間保つたものの後期. 中期においてこの細胞のもつていたと推定される染色體變異を模式的に6b) に示した. 7: 0°Cに120時間保つたものの後期, 變異の数が多く分析不可能である. 8: 20°Cに48時間保つたものの2次的異常分裂の中期, 動源體が1個消失している. 變異は全部染色體部分交換である(倉林1951参照). 1,700倍染色體の命名は芳賀(1934)に依る. f: 断片を示す. 統計にあつて, 總ての型の變異を1個として数えた.





R é s u m é

In the present study, the effect of temperature upon the induction of chromosome aberration due to X-ray irradiation was investigated with the same material as used in the foregoing experiment (Kurabayashi' 51).

Chromosome aberrations were divided into six types; chromosome breakage, chromatid breakage, chromosome translocation, chromatid translocation, chromosome detached breakage and chromatid detached breakage. The term "detached breakage" is given for the breakage which gives rise to the fragmented piece of a chromosome arm detached from its original position at the breakage point.

The frequencies of these aberrations per cells, which enter into metaphase for the first time after the irradiation, were recorded at profitable time intervals in the temperature condition of 20°C, 10°C and 0°C, after the irradiation. It was found that the frequency is higher in low temperature than in high temperature. The stage which is most sensitive to X-ray is prophase. As the division proceeds the sensitivity decreases and chromosomes from metakinesis to telophase is almost resistant to X-ray (table 1, graph 1).

When cells are rayed at late prophase to metakinesis, most of the aberrations are chromatid aberrations. They decrease towards early prophase. In early prophase the proportion of chromosome and chromatid aberrations attains to an equilibrium in each temperature condition (graph 2). Chromosome splitting is taken place in this material at prophase, but the chromatid is the reacting unit to X-ray before the splitting.

The percentage of translocation to total aberration is nearly constant at 20°C. At 0°C it attains to the maximum 144 hours after the irradiation and decreases gradually before and after this (graph 3). The average value of the percentage is smaller in high temperature than in low temperature. And so it may be concluded that low temperature facilitates translocations. It seems, however, that the quickening and prolongation of metaphase under high and low temperature may also responsible for this difference.

The detached breakage becomes frequent when the cells are irradiated in early prophase. It is more frequent in high temperature than in low temperature (graph 4). The viscosity of matrical substance determines whether the fragmented piece of chromosome detaches its original position or not.