HOKKAIDO UNIVERSITY

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
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

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

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　尙

（北海道大學理學部　植物學教室，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，高溫及び低溫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）．この內，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細胞內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時間以後急激に增大し，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の場合と同樣の，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錄する．

從來，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增す．

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對する百分比 (% 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對する百分比 (% of Breakage).

Temperature	Hrs	cs.*b*	ct.*b*	cs.*t*	ct.*t*	cs.*d.b*	ct.*d.b*	No. Cell Analysed	Forq. Aberr. 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，分裂過程に入つ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にて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，さして增減しない．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增加する．從つて，この時期に染色體の縱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縱裂とは，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

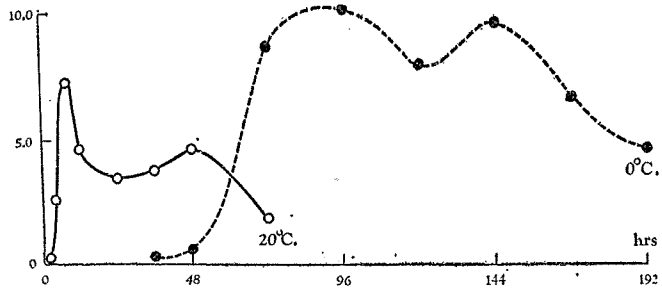
全染色體變異に對する部分交換の百分比は，20° Cではほぼ一定しているが，0°Cでは照射後144時間に最高を示し，その前後に向つて徐々に減少している．平均の割合は20°Cにおける方

が低い（20°C では 29.9 %, 0°C では 35.5 %）. この結果から低溫は部分交換を增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)。從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. 卽ち, 分裂の一定時期に部分交換が增加し, 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, 見掛の增加は實際の增加を上廻ることが考えられる. 低溫における部分交換の增加はこれら二つの 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.

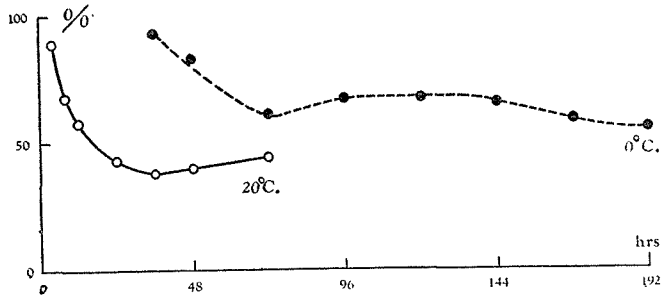
iv) 染色體分斷の頻度

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.

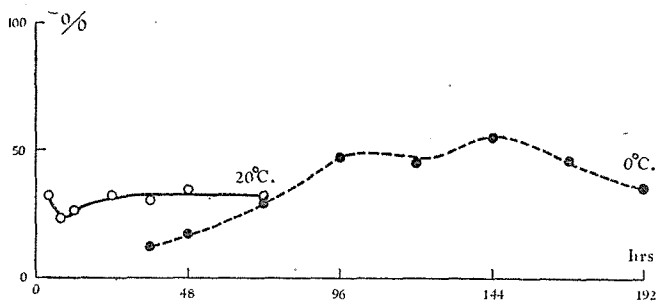
切斷の, 切斷と分斷との和に對する百分比を見ると（グラフ 4), 始めはほとんど切斷のみであるが, 次第に分斷が增加する. これは早い前期に起つた切斷は分裂期に入つてから起つたものよりも, その切斷片が元の位置から離れ易いことを示すものである.



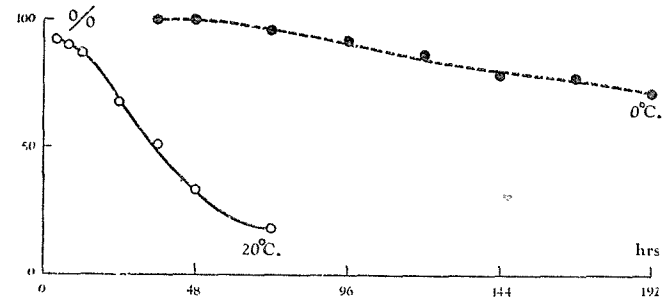
グラフ 1: X線照射後最初に行われた分裂の中期の細胞における染色體變異の頻度(實數). 縱軸は頻度(Freq), 橫軸は時間 (Hrs) を表わす.



グラフ 2: 全染色體變異に對する染色分體變異の百分比.



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

高溫 20°C 及び低溫 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溫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, 低溫の方が高溫におけるよりも頻度が大きい. これまでにも X 線による變異の頻度が低溫にて增大することが報告されている (Sax 前出等). それ等の場合, 照射時に溫度差を與えているのであるが, 筆者は照射後に溫度を變じたのに同樣の結果を得た. 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, 差異は照射後の溫度差によるものである. 卽ち X 線の刺戟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ことを以て部分交換の頻度に對する "Time Factor" を說明しているが, 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, 高溫による異常の減少は切斷部位が急速に合着してしまうか, 或は染色體がゆるんだ狀態に在つて, 移動し難いことなどが切斷部位をして元の箇所に再癒合させてしまい, 異なつた切斷箇所が合着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 線照射時の核の狀態やその後の分裂の進行模樣が染色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，染色分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えているが，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樣の考えで說明できると思われる．卽ち，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縱のつながりに關する現象も，基質の狀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) のいう如く，基質は分裂が進むに從い染色糸に結合されて粘性高き物質となる．從つて，前期の遲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縱の結合だけでなく，對を爲す染色分體の横の結合にも役立つていることは，染色分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，染色分體變異が常に染色體變異に先出つて現われる〔表1參照〕)．0°Cにては，分斷の頻度の割合は20°O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，從つて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觀察した．

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)　變異の頻度は高溫（20°C）におけるよりも低溫（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分體變異が多くなる．

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，その前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敎授及び低溫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 Tem. Sci. (Sapporo) **4**, 97.

Kurabayashi, M. 1951 Effect of temperature upon the velocity of mitosis. in press.

Mastuura, H. 1941 Chromosome studies on Trillium kamtschaticun Pall. XIV. Primary and secondary chiasmata. Cytologia, **11**, 380.

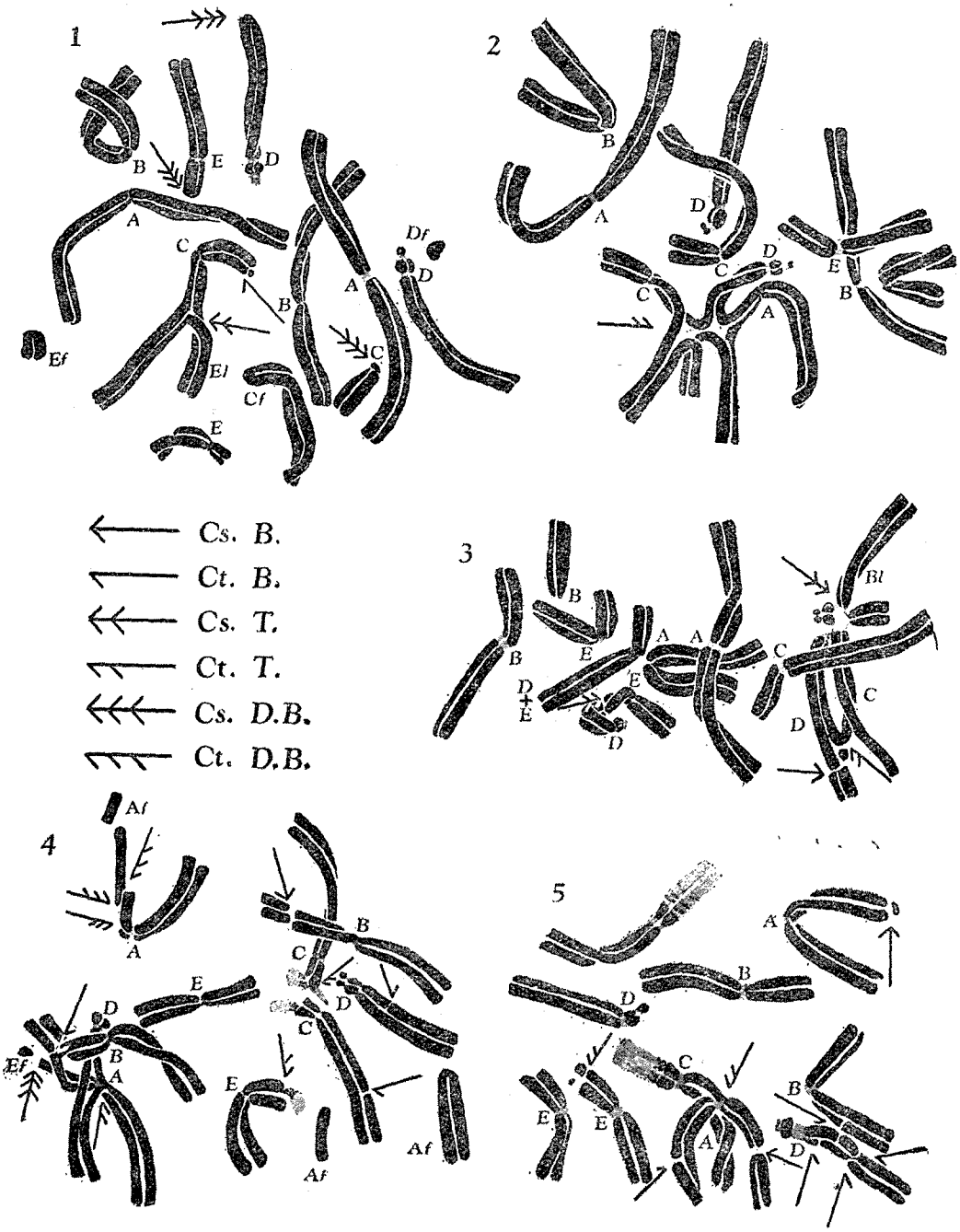
....., and T. Haga 1946 do. IX. Chromosome aberrations induced by X-ray treatment. Jour. Faa, Sci. Hokkaido Univ. Ser. V, Bot., **6**. 1.

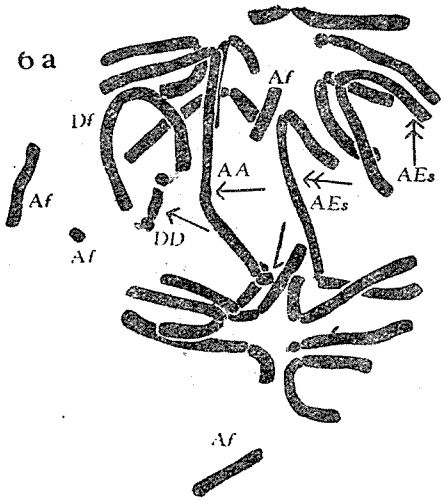
Sax. K. 1940 An analysis of X-ray induced chromosomal aberrations in Tradescantia. Genetics, **25**, 41.

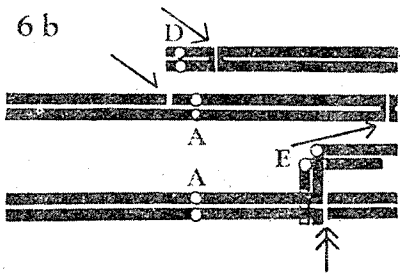
Swanson, C. P. 1947 X-ray and ultraviolet studies on pollen tube chromosome. II. The quadripartite structure of the prophase chromosomes of Tradescantia. Proc. Nat. Acad. Sci., **33**, 229.

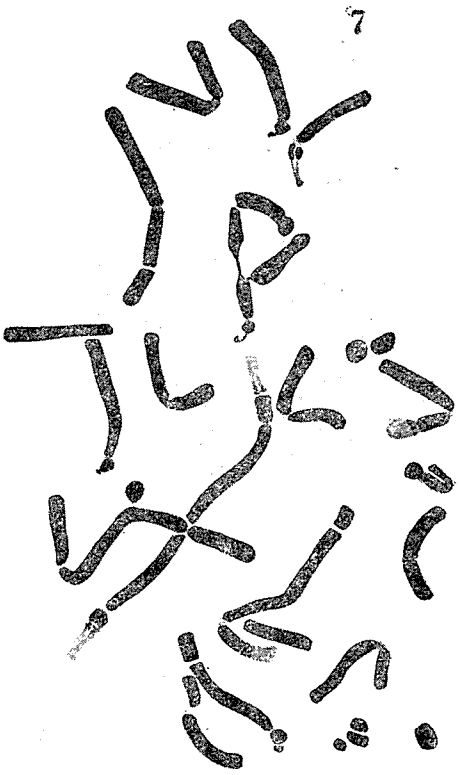
圖 1～8. *Cs.B.*: 染色體切斷, *Ct.B.*: 染色分體切斷, *Cs.T.*: 染色體部分交換, *Ct.T.*: 染色分體部分交換, *Cs.D.B.*: 染色體分斷, *Ct.D.B.*: 染色分體分斷. 1,2: 20°C に 48 時間保つた個體の中期, 2) において染色體 *A*, *C*, *D* の 3 本が同一個所で染色分體部分交換を起している. 3: 20°C に 8 時間保つたもの, 染色體 *B* の長腕及び *C*, *D* が動源體の所で染色體部分交換を起している. その *D* 染色體の長腕には, 染色體變異と染色分體變異とが共存している. 4,5: 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らしい例が見られる. 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. *f*: 0°C に 120 時間保ちたるものの後期, 變異の數が多く分析不可能である. 8: 20°C に 48 時間保ちたるものの 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 參照). 1,700 倍

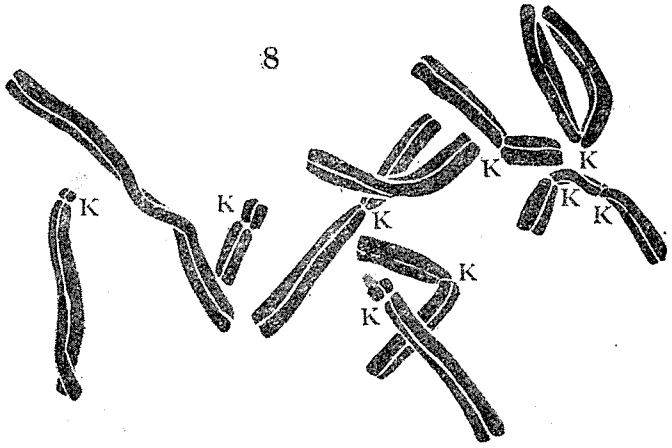
染色體の命名は芳賀 (1934) に依る. f: 斷片を示す. 統計にあたつて, 總ての型の變異を 1 個として數えた.


1
2
3
4
5
Cs. B.
Ct. B.
Cs. T.
Ct. T.
Cs. D.B.
Ct. D.B.


6 a
Af
Df
AA
AEs
AEs
Af
DD
Af


6 b
D
A
E
A


7


8
K
K
K
K
K
K
K
K
K

Résumé

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 tranalocation, 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 atmost 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 to-wards early prophase. In early prophase the proportion of chromosome and chromatid aberrations attains to an equilibrium in each temperature condition (graph 2). Chromosome spilitting is taken place in this material at prophase, but the chromatid is the reacting unit to X-ray before the spilitting.

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 precentage 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 berakage 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.