

JAERI - M
87-047

セルロース廃資源糖化試験装置による研究(II)
——放射線照射もみがらの粉碎効果——

1987年3月

笠井 昇・玉田 正男・熊倉 稔・嘉悦 勲

JAERI-Mレポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。

入手の間合わせは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしてください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

JAERI-M reports are issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Information Division Department of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokaimura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-11, Japan.

©Japan Atomic Energy Research Institute, 1987

編集兼発行 日本原子力研究所
印 刷 いばらき印刷㈱

セルロース廃資源糖化試験装置による研究(II)

—放射線照射もみがらの粉砕効果—

日本原子力研究所高崎研究所開発部

笠井 昇・玉田正男・熊倉 稔・嘉悦 勲

(1987年2月18日受理)

照射もみがらの糖化に対する機械的前処理をベンチスケール試験装置により研究した。もみがらは大量のセルロース廃資源を短時間に処理できる衝撃式粉砕機により粉砕を行った。放射線照射を行ったもみがらの粉砕効果は粒度と糖化性について調べた。

未処理もみがらの糖化における糖(グルコース)収率は酵素のもみがらに対する低親和性により低かった。しかし、もみがらの粉砕処理による微粒子化のため酵素の親和性が増大し、高い糖濃度の溶液を得た。粉砕により得られた微粒子もみがらは、高いスラリー濃度での糖化を可能にさせることができた。

電子加速器による照射前処理は粉砕に要する電力を減少させ、微粒子の収率を増大させた。70 Mrad 以上照射したもみがらは粗粉砕するだけで高い糖濃度が得られた。

Study on Saccharification of Cellulosic Wastes
with Bench Scale Test Plant (2)

-- Effect of Pulverizing on Radiation
Pretreatment of Chaff --

Noboru KASAI, Masao TAMADA, Minoru KUMAKURA and Isao KAETSU

Department of Development
Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute
Watanuki-machi, Takasaki-shi, Gumma-ken

(Received February 18, 1987)

The mechanical pretreatment of irradiated chaff for saccharification was studied with the bench scale test plant. Chaff was pulverized by an impact type pulverizer which could treat a large amount of cellulosic wastes in short time. The effect of pulverizing on irradiated chaff was investigated from the point of view of particle size and saccharification.

From untreated chaff the low accessibility of enzyme reduces the yield of glucose. Pulverized chaff, however, gave high glucose yield resulting from the increase of the enzyme accessibility because of decrease of particle size. The fine powder of chaff rendered the possibility of the saccharification at the high slurry concentration.

The radiation pretreatment with electron beam introduced the decrease of electric energy to obtain the fine powder with pulverizer. This pretreatment also increased the fine powder yield. After irradiation dose increased to more than 70 Mrad in the pretreatment, high glucose concentration was obtained only by coarse pulverizing.

Keywords: Cellulosic Wastes, Chaff, Pretreatment, Pulverizing
Saccharification, Irradiation

目 次

1. はじめに	1
2. 実 験	1
2.1 試 料	1
2.2 照 射	1
2.3 粉 碎	1
2.4 糖 化	2
3. 結果および考察	2
3.1 もみがらの粉碎効果	2
3.1.1 粉碎によるみかけ密度の変化	2
3.1.2 糖化における粉碎の効果	3
3.1.3 糖化における粒度の影響	3
3.2 照射もみがらの粉碎効果	4
3.2.1 もみがらの粉碎に要する電力	4
3.2.2 粉碎物の粒度	4
3.2.3 照射したもみがらの糖化	4
4. 結 論	5
謝 辞	6
参考文献	6

Contents

1. Introduction	1
2. Materials and Methods	1
2.1 Materials	1
2.2 Irradiation	1
2.3 Pulverizing	1
2.4 Saccharification	2
3. Results and Discussion	2
3.1 Effect of pulverizing on chaff	2
3.1.1 Change of apparent density by pulverizing	2
3.1.2 Effect of pulverizing on saccharification	3
3.1.3 Influence of particle size on saccharification	3
3.2 Effect of pulverizing on irradiated chaff	4
3.2.1 Electric power of pulverizer on chaff	4
3.2.2 Particle size of pulverized chaff	4
3.2.3 Saccharification of irradiated chaff	4
4. Conclusion	5
Acknowledgement	6
References	6

1. はじめに

バイオマスは太陽エネルギーにより再生産できる資源であり世界的に注目されている。¹⁾ バイオマス資源の中でもセルロース廃資源（もみがら、バガス、廃木材など）は、大量に産出されるにもかかわらずあまり利用されていない。これらの廃資源に含まれているセルロースを効率よく加水分解（糖化）してグルコースに変換した後、発酵させてアルコールに変える技術の開発が望まれている。セルロース廃資源の糖化法として過去に強酸を用いる方法が行われていたが、生成物に発酵を阻害する物質を含むことや廃液処理にも問題があることから、最近では酵素による方法が検討されている。しかし、酵素による糖化は、セルロースが高分子量で水に不溶性であることやリグニンなどによる強固な結合のため、セルロースへの酵素の吸着が阻害され糖化反応性が悪い。このため、セルロース廃資源の前処理法として種々の研究が行われている。^{2)~6)}

我々は、国内で年間約330万 ton 副生されるにもかかわらず、ほとんど利用されていないもみがらの前処理法について検討してきた。本報告では、短時間に大量のもみがらを連続的に粉碎できる衝撃式粉碎機を用いて、電子線照射したもみがらの粉碎効果について調べた結果を述べる。

2. 実 験

2.1 試 料

群馬県玉村町のライスセンターから入手した半割状のもみがらを使用した。

2.2 照 射

もみがらをポリエチレンの袋に入れ、電子加速器⁷⁾ (Dynamitron IEA-300-25-2) により加速電圧2 MeV、ビーム電流5 mA、コンベアスピード2.26 m/min (5 M rad/pass) の条件で10~100 M rad の範囲で室温で照射した。なお、線量の大きい場合は、照射によりもみがらの温度が50℃以上に上昇しないように20 M rad 毎に20分以上室温で放置してから照射した。

2.3 粉 碎

(1) 粉碎条件

照射したもみがらは衝撃式粉碎機ニューマイクロシクロマットKV-5-5型（躍進機械製作所製）により粉碎した。本粉碎機は7900 rpm（周速110 m/s）で回転している衝撃体との衝突、激しい空気の渦流等により試料を粉碎するものである。粉碎物の粒度は、粉碎処理速

1. はじめに

バイオマスは太陽エネルギーにより再生産できる資源であり世界的に注目されている。¹⁾ バイオマス資源の中でもセルロース廃資源（もみがら、バガス、廃木材など）は、大量に産出されるにもかかわらずあまり利用されていない。これらの廃資源に含まれているセルロースを効率よく加水分解（糖化）してグルコースに変換した後、発酵させてアルコールに変える技術の開発が望まれている。セルロース廃資源の糖化法として過去に強酸を用いる方法が行われていたが、生成物に発酵を阻害する物質を含むことや廃液処理にも問題があることから、最近では酵素による方法が検討されている。しかし、酵素による糖化は、セルロースが高分子量で水に不溶性であることやリグニンなどによる強固な結合のため、セルロースへの酵素の吸着が阻害され糖化反応性が悪い。このため、セルロース廃資源の前処理法として種々の研究が行われている。^{2)~6)}

我々は、国内で年間約330万 ton 副生されるにもかかわらず、ほとんど利用されていないもみがらの前処理法について検討してきた。本報告では、短時間に大量のもみがらを連続的に粉碎できる衝撃式粉碎機を用いて、電子線照射したもみがらの粉碎効果について調べた結果を述べる。

2. 実 験

2.1 試 料

群馬県玉村町のライスセンターから入手した半割状のもみがらを使用した。

2.2 照 射

もみがらをポリエチレンの袋に入れ、電子加速器⁷⁾ (Dynamitron IEA-300-25-2) により加速電圧2 MeV, ビーム電流5 mA, コンベアスピード2.26 m/min (5 M rad/pass) の条件で10~100 M rad の範囲で室温で照射した。なお、線量の大きい場合は、照射によりもみがらの温度が50°C以上に上昇しないように20 M rad 毎に20分以上室温で放置してから照射した。

2.3 粉 碎

(1) 粉碎条件

照射したもみがらは衝撃式粉碎機ニューマイクロシクロマットKV-5-5型（躍進機械製作所製）により粉碎した。本粉碎機は7900 rpm（周速110 m/s）で回転している衝撃体との衝突、激しい空気の渦流等により試料を粉碎するものである。粉碎物の粒度は、粉碎処理速

度の違いやダンパー開口度による吸込空気量の違いにより影響を受ける。⁸⁾ 今回の実験では最大粉碎処理速度 (30 kg/hr) の約 70% に当る 22 kg/hr の処理速度で、小さな粒子が多く得られるダンパー開口度 5 mm の条件で、もみがらを粉碎した。

(2) 粉碎物のフルイ分け

粉碎により得られたもみがら粉末 20 g をロータップ式フルイ振盪器により 250 # (目開き 0.063 mm), 350 # (目開き 0.040 mm), 500 # (目開き 0.025 mm) のフルイ (直径 200 mm ϕ) により、それぞれ 15 分間フルイ分けした。

(3) 粒度分布の測定

フルイ分けしたもみがら粉末をコールターカウンター MODEL-ZB (Coulter electronics 社製) により粒度分布を測定した。この測定器は電解液中に試料を分散させ、細孔を通過させた時の電気抵抗の変化により分布を測定する方法で、粒子の形は球状として取扱われる。

2.4 糖化

(1) 糖化条件

酵素はセルラーゼ "ONOZUKA" R-10 (ヤクルト製) を使用した。100 ml の三角フラスコにもみがらと 0.1 M 酢酸緩衝溶液 (PH 4.8) を 10 g 入れ、酵素を加え回転式振盪器を使用し 40°C, 80 rpm で振盪して糖化を行った。

(2) 糖濃度の測定

糖化の後スラリーを遠心分離し、上澄液をグルコースアナライザー CGA-10i (島津製作所製) により生成したグルコースの濃度を測定した。

3. 結果および考察

3.1 もみがらの粉碎効果

もみがらはセルロース、ヘミセルロース、リグニン、ケイ素化合物などが強固に結合した複合体であり、そのままでは酵素とセルロースの接触が悪く糖化反応性が悪い。また、もみがらはみかけの密度が小さく嵩高いため糖化反応の際、容器内に占める割合が大きくなり基質濃度を高められない。このため、もみがらを微粒子化してセルロースと酵素の接触を良くするとともに、みかけの密度を大きくする必要がある。

本実験ではもみがらを微粒子化するため短時間に大量のもみがらを連続的に粉碎できる衝撃式粉碎機を使用した。

3.1.1 粉碎によるみかけ密度の変化

未粉碎および粉碎したもみがらの一定重量に対する容積とみかけ密度を表 1 に示す。粉碎物は未粉碎物の 1/4 に容積が減少し、みかけ密度は 4 倍となった。糖化反応の際、未粉碎物は高高

度の違いやダンパー開口度による吸込空気量の違いにより影響を受ける。⁸⁾ 今回の実験では最大粉碎処理速度 (30 kg/hr) の約 70% に当る 22 kg/hr の処理速度で、小さな粒子が多く得られるダンパー開口度 5 mm の条件で、もみがらを粉碎した。

(2) 粉碎物のフルイ分け

粉碎により得られたもみがら粉末 20 g をロータップ式フルイ振盪器により 250 # (目開き 0.063 mm), 350 # (目開き 0.040 mm), 500 # (目開き 0.025 mm) のフルイ (直径 200 mm ϕ) により、それぞれ 15 分間フルイ分けした。

(3) 粒度分布の測定

フルイ分けしたもみがら粉末をコールターカウンター MODEL-ZB (Coulter electronics 社製) により粒度分布を測定した。この測定器は電解液中に試料を分散させ、細孔を通過させた時の電気抵抗の変化により分布を測定する方法で、粒子の形は球状として取扱われる。

2.4 糖化

(1) 糖化条件

酵素はセルラーゼ "ONOUKA" R-10 (ヤクルト製) を使用した。100 ml の三角フラスコにもみがらと 0.1 M 酢酸緩衝溶液 (PH 4.8) を 10 g 入れ、酵素を加え回転式振盪器を使用し 40°C, 80 rpm で振盪して糖化を行った。

(2) 糖濃度の測定

糖化の後スラリーを遠心分離し、上澄液をグルコースアナライザー CGA-101 (島津製作所製) により生成したグルコースの濃度を測定した。

3. 結果および考察

3.1 もみがらの粉碎効果

もみがらはセルロース、ヘミセルロース、リグニン、ケイ素化合物などが強固に結合した複合体であり、そのままでは酵素とセルロースの接触が悪く糖化反応性が悪い。また、もみがらはみかけの密度が小さく嵩高いため糖化反応の際、容器内に占める割合が大きくなり基質濃度を高められない。このため、もみがらを微粒子化してセルロースと酵素の接触を良くするとともに、みかけの密度を大きくする必要がある。

本実験ではもみがらを微粒子化するため短時間に大量のもみがらを連続的に粉碎できる衝撃式粉碎機を使用した。

3.1.1 粉碎によるみかけ密度の変化

未粉碎および粉碎したもみがらの一定重量に対する容積とみかけ密度を表 1 に示す。粉碎物は未粉碎物の 1/4 に容積が減少し、みかけ密度は 4 倍となった。糖化反応の際、未粉碎物は高高

いため基質濃度5%以上では溶液中に浸らない部分が生じ酵素が有効に作用しない。これに対し、粉碎物はみかけ密度が上がり嵩が減るため基質濃度を上げてスラリー化が可能になり有効に酵素と反応し、効果的に糖化できる。

Table 1 Change of apparent density
of chaff by pulverizing

Chaff	Volume*	Apparent density
No pulverizing	85 ~ 90 ml	0.11 g/cm ³
Pulverizing	22 ~ 24 ml	0.43 g/cm ³

* Volume of 10 g chaff

3.1.2 糖化における粉碎の効果

もみがらを酵素により糖化反応した結果を図1に示す。未粉碎物は酵素との反応性が悪く低い糖濃度となった。これに対し、粉碎物は酵素との反応性が向上し未粉碎物と比べ約3倍の糖濃度となった。麦わらを粉碎して微粒子化しても糖化速度はあまり増大しない場合もある⁶⁾が、もみからでは微粒子化の効果が明確に現われた。

3.1.3 糖化における粒度の影響

粉碎物の中には大きな粒子も小さな粒子も混在している。このため、粉碎物をフルイ分けして小さな粒子だけを集めて、その糖化性を調べた。フルイ分けは250#、350#、500#のフルイを使用した。

フルイ分けした粉碎物の粒度分布を図2に示す。250#フルイ下（フルイを通過したもの）は大きな粒子が多く、小さな粒子が少ない分布になっている。これに対し、500#フルイ下は大きな粒子がなく、小さな粒子が多い分布になっており、完全に粒度の分布が違ったものになっている。図3にフルイ分けしないもの（粉碎物）と各種フルイでフルイ分けたものの糖濃度を示す。糖濃度はフルイ分けしないもの、250#フルイ下、350#フルイ下、500#フルイ下の順に高くなっている。すなわち、より小さな粒子ほど高い糖濃度を示した。このことから、もみがらを粉碎して、より小さな粒子にするほど糖化反応性が良くなることがわかった。

図4はフルイ分けにより種々の粒度の粉碎物を得て、それらを高い基質濃度で48時間糖化反応した結果である。いずれの場合も基質濃度が高くなることにより直線的に糖濃度が増加し、小さな粒子ほど高い糖濃度になった。また、直線の傾きはフルイ分けしないもので0.56、250#フルイ下で0.72、350#フルイ下で0.85、500#フルイ下で1.0となっており、もみがらを非常に小さな粒子にすると基質濃度が高くなっても酵素が有効に作用しているものと思われる。

3.2 照射もみがらの粉碎効果

セルロースは放射線を照射すると一般に分解する。木綿は 50 M rad の線量で完全に強度が失われ、結晶化度も線量とともに低下する。⁹⁾ また、故紙では照射により重合度が低下し、可溶成分が増加する。¹⁰⁾ これらのことから、放射線照射はセルロース廃資源の糖化の前処理法として期待できる。

放射線によるセルロースの分解は、放射線の種類や線量率の影響が少ない。^{11), 12)} 本実験では、放射線照射処理が商業ベースとして利用されている電子加速器を用いてもみがらの照射を行った。そして、照射したもみがらを衝撃式粉碎機で粉碎した時の粉碎効果を調べた。

3.2.1 もみがらの粉碎に要する電力

衝撃式粉碎機で電子線照射したもみがらを粉碎する際、動力系統に流れる電流を測定することにより粉碎に要する消費電力（電流×電圧）を求めた。図 5 に線量と粉碎電力の関係を示す。なお、空運転（粉碎しないで粉碎機を作動）と 100 M rad 照射したもみがらを粉碎した時の電流値は小さく、粉碎機に取り付けられている電流計では調べられなかった。粉碎電力は照射により減少し、線量の増大により小さくなった。

このように、衝撃式粉碎機ではもみがらに電子線を照射することにより、粉碎に要する電力が少なくなることがわかった。

3.2.2 粉碎物の粒度

電子線照射したもみがらを粉碎した後、フルイにより粉碎物を分級した結果を図 6 に示す。250 # フルイ下の割合は未照射粉碎物では 50 % 程度であるが、100 M rad 照射粉碎物では 95 % となり粉碎物のほとんどが 250 # フルイを通過する粒度になった。また、10 および 20 M rad のような低い線量で照射した場合、250 # フルイ下の割合は急激に増加した。350 # フルイ下の割合は未照射粉碎物では 250 # フルイ下の割合に比べあまり低下しなかったが、照射粉碎物ではそれぞれ 15 % 程度低下した。500 # フルイ下の割合は 350 # フルイ下の割合に比べ、すべて 15 ~ 20 % 程度減少した。このように、照射粉碎物を目開きの大きいフルイ（250 #）でフルイ分けた時には、10 および 20 M rad の線量で照射した場合、急激にフルイ下の割合が増加したが、目開きが小さくなるほどその傾向はなくなり、線量とフルイ下の関係は直線的な関係になってくる。しかし、いずれの場合も線量が大きくなればなるほどフルイ下の割合は多くなり、小さな粒子の多い粉碎物が得られることがわかった。

図 7, 8, 9 に未照射粉碎物、50 M rad 照射粉碎物、100 M rad 照射粉碎物を 250 # フルイ、350 # フルイ、500 # フルイでフルイ分けたものの粒度分布を示す。いずれの場合も線量が増大すると大きな粒子が減り、小さな粒子が多い分布になっている。特に 100 M rad 照射粉碎物ではその傾向が著しくなった。

3.2.3 照射したもみがらの糖化

照射したもみがらを 48 時間糖化反応した時に生成した糖の濃度を図 10 に示す。未粉碎物は

照射による糖濃度の増加がほとんどみられなかった。これに対し、粉碎物は照射により糖濃度が大きく増加した。このように、もみがらを照射しただけでは酵素との反応性は変わらないが、照射後粉碎を行うと酵素との反応性が増加し高い糖濃度が得られることがわかった。

照射後粉碎したもみがらをフルイ分けて48時間糖化反応を行った結果を図11に示す。照射粉碎物の糖濃度はフルイ分けしないものでは70 M rad 以上で大きく増加したが、500 # フルイ下では照射による糖濃度の増加が少なくなった。50 M rad までの粉碎物はフルイ分けにより小さな粒子を集めると糖濃度が大きく増加したが、70 M rad 以上の粉碎物はフルイ分けによる効果が少なくなった。特に、100 M rad 照射粉碎物ではフルイ分けしないものと500 # フルイ下の糖濃度がほとんど同じ値となった。このように、70 M rad 以上の電子線を照射したもみがら粉碎物は照射による効果が認められたが、フルイ分けによる効果がほとんどなくなった。100 M rad 照射粉碎物の250 # フルイ下、350 # フルイ下、500 # フルイ下の粒度分布を図12に示す。500 # フルイ下は250 # フルイ下、350 # フルイ下に比べ極端に小さな粒子が多い分布になっている。3.1.3で述べたようにもみがらは粉碎により小さな粒子にするほど糖濃度は高くなるが、線量が大きいと違った結果となった。セルロース試料は、100 M rad 照射すると機械的衝撃により繊維に横方向の割目を生じて微粉化するようになる⁹⁾ことやリグニンも分解する¹³⁾ことにより、それほど微粒子化しなくても酵素反応が効率的に行われるものと思われる。

4. 結 論

もみがらはみかけの密度が小さく嵩高いが、衝撃式粉碎機により粉碎を行うと嵩が1/4に減少した。粉碎物は酵素との反応性が良くなり、未粉碎物に比べ約3倍の糖濃度が得られた。また、粉碎物の粒子が小さいほど糖濃度が高くなり、高い基質濃度でも酵素と効率よく反応した。これらのことから、もみがらの粉碎処理は糖化の前処理法として有効であることがわかった。衝撃式粉碎機は短時間に大量のもみがらを連続的に粉碎処理できることから、他の粉碎機（ボールミルやロールミルなど）による粉碎処理に比べ処理コストが安くなるものと思われる。

電子線照射したもみがらを衝撃式粉碎機により粉碎すると線量が大きくなるほど粉碎に要する電力が減少し、小さな粒子の多い粉碎物が得られた。また、もみがらに100 M rad 照射しても糖濃度は未照射物とほとんど同じであったが、照射後粉碎を行ったものは未照射粉碎物に比べ糖濃度が大きく増加した。このように、照射したもみがらは未照射もみがらに比べ粉碎が容易になり、高い糖濃度を示す粉碎物が得られることから、照射処理は粉碎に対し有効であることがわかった。

70 M rad 以上の電子線を照射したもみがら粉碎物の糖濃度は未照射粉碎物に比べ大きく増加したが、フルイ分けにより小さな粒子を集めたものとフルイ分けしないものとほとんど同じ糖濃度となり、フルイ分けによる効果がみられなくなった。これは、もみがらを大きな線量で照射すると粗粉碎するだけで高い糖濃度の溶液が得られることを示すものである。

照射による糖濃度の増加がほとんどみられなかった。これに対し、粉碎物は照射により糖濃度が大きく増加した。このように、もみがらを照射しただけでは酵素との反応性は変わらないが、照射後粉碎を行うと酵素との反応性が増加し高い糖濃度が得られることがわかった。

照射後粉碎したもみがらをフルイ分けて48時間糖化反応を行った結果を図11に示す。照射粉碎物の糖濃度はフルイ分けしないものでは70 M rad 以上で大きく増加したが、500 # フルイ下では照射による糖濃度の増加が少なくなった。50 M rad までの粉碎物はフルイ分けにより小さな粒子を集めると糖濃度が大きく増加したが、70 M rad 以上の粉碎物はフルイ分けによる効果が少なくなった。特に、100 M rad 照射粉碎物ではフルイ分けしないものと500 # フルイ下の糖濃度がほとんど同じ値となった。このように、70 M rad 以上の電子線を照射したもみがら粉碎物は照射による効果が認められたが、フルイ分けによる効果がほとんどなくなった。100 M rad 照射粉碎物の250 #フルイ下、350 #フルイ下、500 #フルイ下の粒度分布を図12に示す。500 #フルイ下は250 #フルイ下、350 #フルイ下に比べ極端に小さな粒子が多い分布になっている。3.1.3で述べたようにもみがらは粉碎により小さな粒子にするほど糖濃度は高くなるが、線量が大きいと違った結果となった。セルロース試料は、100 M rad 照射すると機械的衝撃により繊維に横方向の割目を生じて微粉化するようになる⁹⁾ことやリグニンも分解する¹³⁾ことにより、それほど微粒子化しなくても酵素反応が効率的に行われるものと思われる。

4. 結 論

もみがらはみかけの密度が小さく嵩高いが、衝撃式粉碎機により粉碎を行うと嵩が1/4に減少した。粉碎物は酵素との反応性が良くなり、未粉碎物に比べ約3倍の糖濃度が得られた。また、粉碎物の粒子が小さいほど糖濃度が高くなり、高い基質濃度でも酵素と効率よく反応した。これらのことから、もみがらの粉碎処理は糖化の前処理法として有効であることがわかった。衝撃式粉碎機は短時間に大量のもみがらを連続的に粉碎処理できることから、他の粉碎機（ボールミルやロールミルなど）による粉碎処理に比べ処理コストが安くなるものと思われる。

電子線照射したもみがらを衝撃式粉碎機により粉碎すると線量が大きくなるほど粉碎に要する電力が減少し、小さな粒子の多い粉碎物が得られた。また、もみがらに100 M rad 照射しても糖濃度は未照射物とほとんど同じであったが、照射後粉碎を行ったものは未照射粉碎物に比べ糖濃度が大きく増加した。このように、照射したもみがらは未照射もみがらに比べ粉碎が容易になり、高い糖濃度を示す粉碎物が得られることから、照射処理は粉碎に対し有効であることがわかった。

70 M rad 以上の電子線を照射したもみがら粉碎物の糖濃度は未照射粉碎物に比べ大きく増加したが、フルイ分けにより小さな粒子を集めたものとフルイ分けしないものとほとんど同じ糖濃度となり、フルイ分けによる効果がみられなくなった。これは、もみがらを大きな線量で照射すると粗粉碎するだけで高い糖濃度の溶液が得られることを示すものである。

謝 辞

もみがらの照射に関して協力していただいた照射施設課加速器運転係の須永博美氏, 上松敬氏に深く感謝いたします。

参 考 文 献

- (1) 猪居武: 化学経済, 53, 74 (1981).
- (2) M. Mandels, L. Hontz, and J. Nystrom : *Biotechnol. Bioeng.*, 16, 1471 (1974)
- (3) C. R. Wilke, G. R. Cysweski, and R. D. Yang : *Biotechnol. Bioeng.*, 18, 1315 (1976)
- (4) N. Nesse, J. Wallick, and J. M. Harper : *Biotechnol. Bioeng.*, 19, 323 (1977)
- (5) 佐々木堯, 佐藤陽子, 中川貞人, 白石真人, 貝沼圭二: 食品工誌., 26, 523 (1979).
- (6) Gharpuray M. M., Y. H. Lee and L. T. Fan : *Biotechnol. Bioeng.*, 25, 157 (1983)
- (7) 須永博美, 水橋清, 四本圭一, 田中隆一, 田村直幸 JAERI-M 82-142 (1982).
- (8) 笠井昇, 玉田正男, 熊倉稔, 嘉悦勲 JAERI-M 86-040 (1986).
- (9) 今村力造 原子力工業, 9, 62 (1962).
- (10) M. Kumakura and I. Kaetsu : *Biotechnol. Bioeng.*, 24, 991 (1982)
- (11) O. Teszler, et al. : *J. Research J.*, 28, 131, 304, 456 (1958)
- (12) H. P. Pan, B. E. Protor, S. A. Goldblith, H. M. Morgan and R. Z. Naar : *Text. Res. J.*, 29, 415 (1959)
- (13) 熊倉稔, 嘉悦勲 高分子論文集., 39, 687 (1982).

謝 辞

もみがらの照射に関して協力していただいた照射施設課加速器運転係の須永博美氏, 上松敬氏に深く感謝いたします。

参 考 文 献

- (1) 猪居武: 化学経済, 53, 74 (1981).
- (2) M. Mandels, L. Hontz, and J. Nystrom : *Biotechnol. Bioeng.*, 16, 1471 (1974)
- (3) C. R. Wilke, G. R. Cysweski, and R. D. Yang : *Biotechnol. Bioeng.*, 18, 1315 (1976)
- (4) N. Nesse, J. Wallick, and J. M. Harper : *Biotechnol. Bioeng.*, 19, 323 (1977)
- (5) 佐々木堯, 佐藤陽子, 中川貞人, 白石真人, 貝沼圭二: 食品工誌., 26, 523 (1979).
- (6) Charpuray M. M., Y. H. Lee and L. T. Fan : *Biotechnol. Bioeng.*, 25, 157 (1983)
- (7) 須永博美, 水橋清, 四本圭一, 田中隆一, 田村直幸 JAERI-M 82-142 (1982).
- (8) 笠井昇, 玉田正男, 熊倉稔, 嘉悦勲 JAERI-M 86-040 (1986).
- (9) 今村力造 *原子力工業.*, 9, 62 (1962).
- (10) M. Kumakura and I. Kaetsu : *Biotechnol. Bioeng.*, 24, 991 (1982)
- (11) O. Teszler, et al. : *J. Research J.*, 28, 131. 304. 456 (1958)
- (12) H. P. Pan, B. E. Protor, S. A. Goldblith, H. M. Morgan and R. Z. Naar : *Text. Res. J.*, 29, 415 (1959)
- (13) 熊倉稔, 嘉悦勲 *高分子論文集.*, 39, 687 (1982).

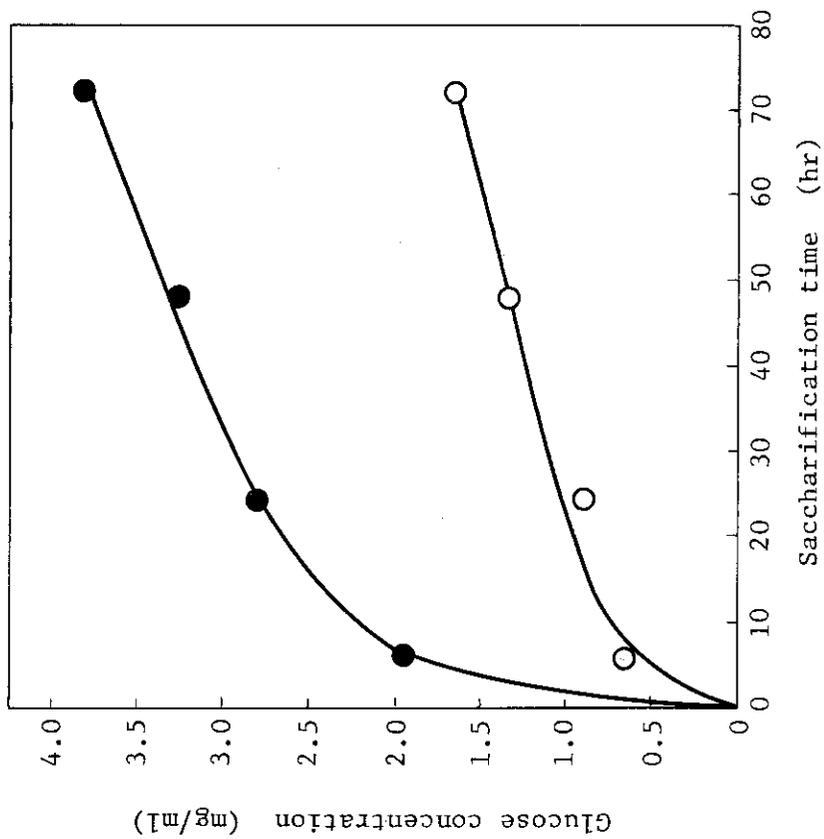


Fig. 1 Effect of pulverizing on saccharification in chaff.
 Sample: ○, no pulverizing; ●, pulverizing.
 Saccharification: substrate, 5%; enzyme, 0.5%.

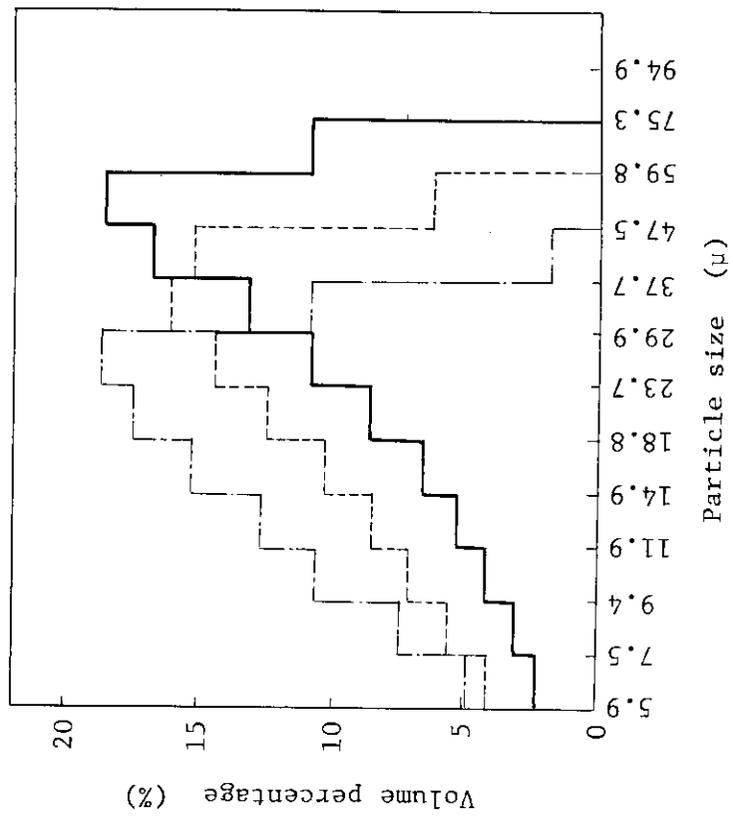


Fig. 2 Particle size distribution of pulverized chaff.
 Sample: —, 250# undersize; ---, 350# undersize; ···, 500# undersize.

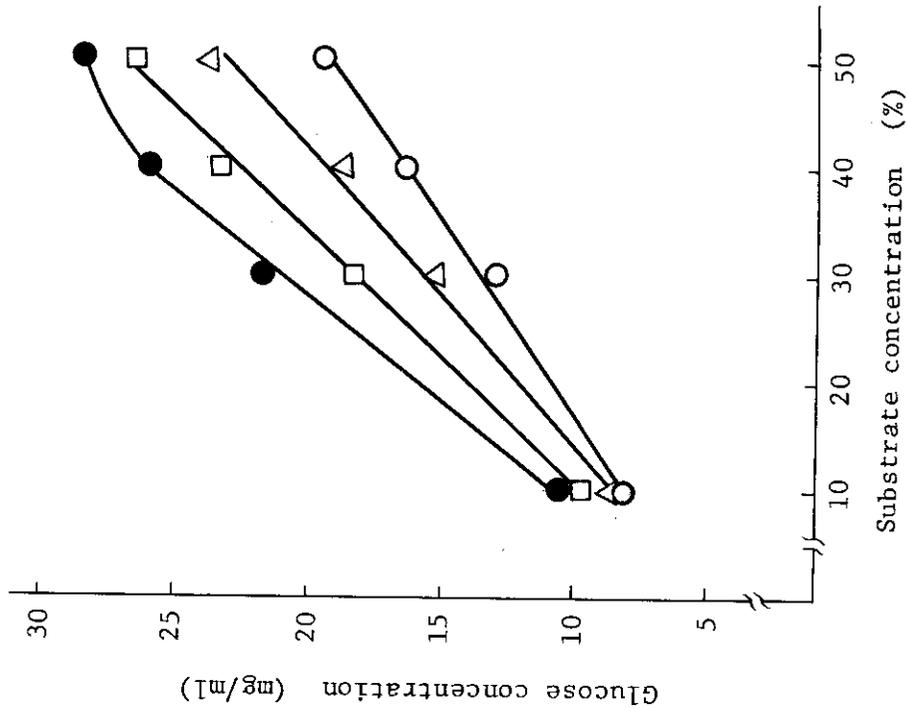


Fig. 4 Relationship between substrate and glucose concentration.
 Sample: ○, no screening; △, 250# undersize; □, 350# undersize; ●, 500# undersize.
 Saccharification: cellulase, 1%; saccharification time, 48 hr.

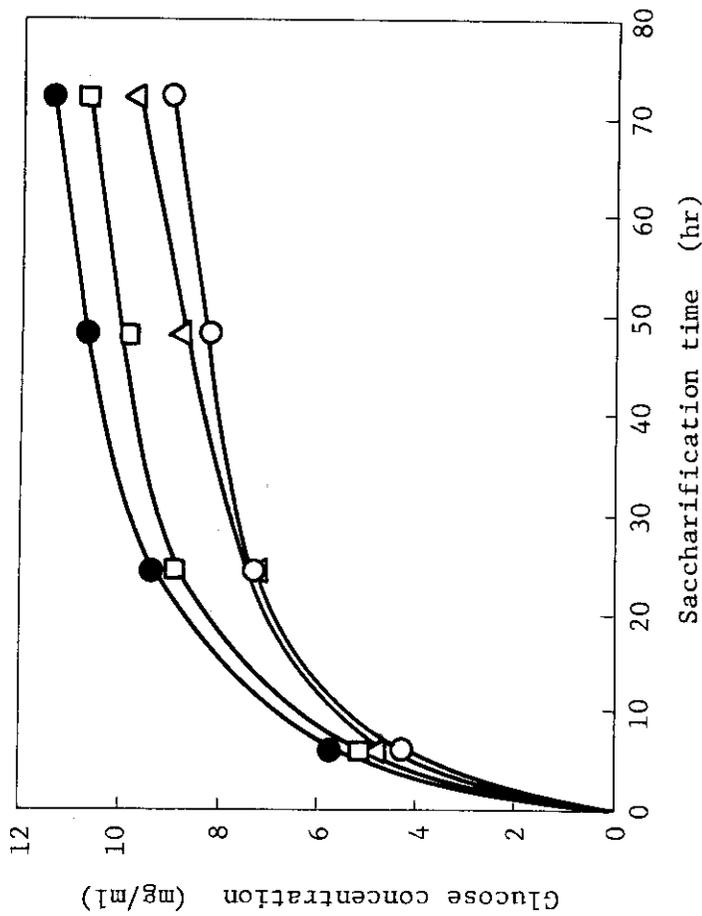


Fig. 3 Effect of screening on saccharification in pulverized chaff.
 Sample: ○, no screening; △, 250# undersize; □, 350# undersize; ●, 500# undersize.
 Saccharification: substrate, 10%; enzyme, 1%.

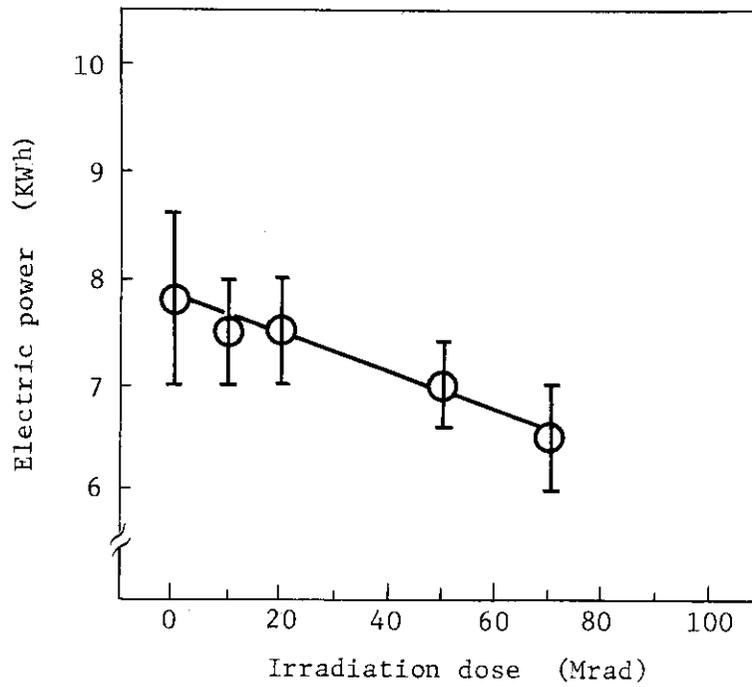


Fig. 5 Relationship between irradiation dose and electric power of pulverizer.
Pulverizing speed of sample : 22 kg/hr

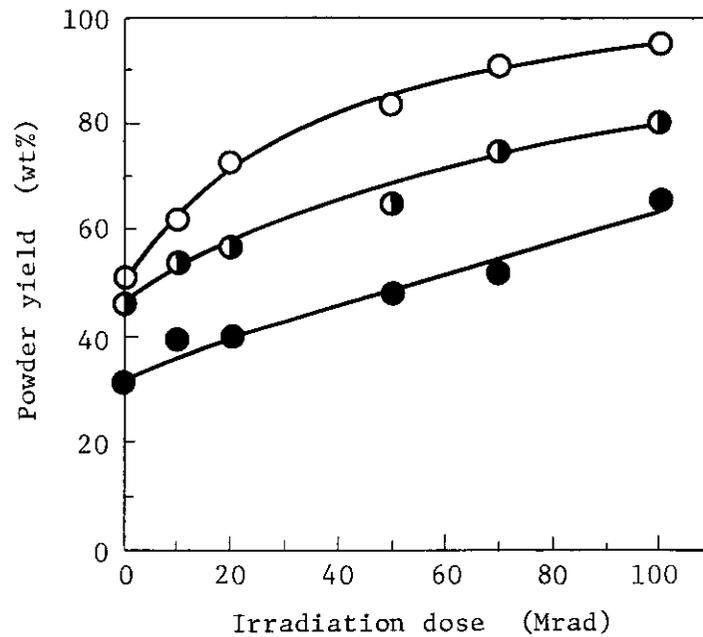


Fig. 6 Relationship between irradiation dose and powder yield.

- 250# undersize
- 350# undersize
- 500# undersize

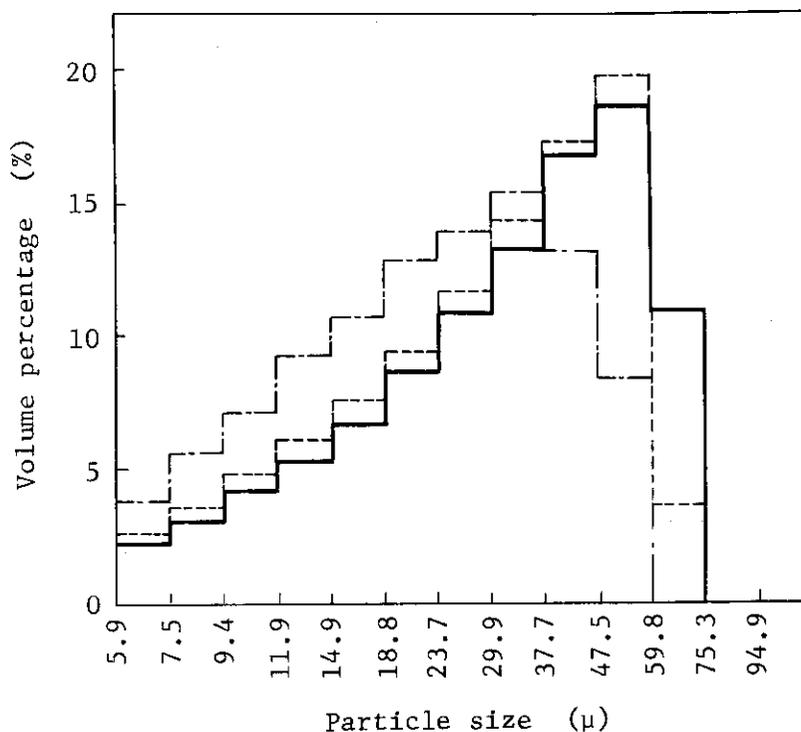


Fig. 7 Particle size distribution of 250# undersize powders.
Irradiation: —, no irradiation; - - -, 50 Mrad; - · - ·, 100 Mrad.

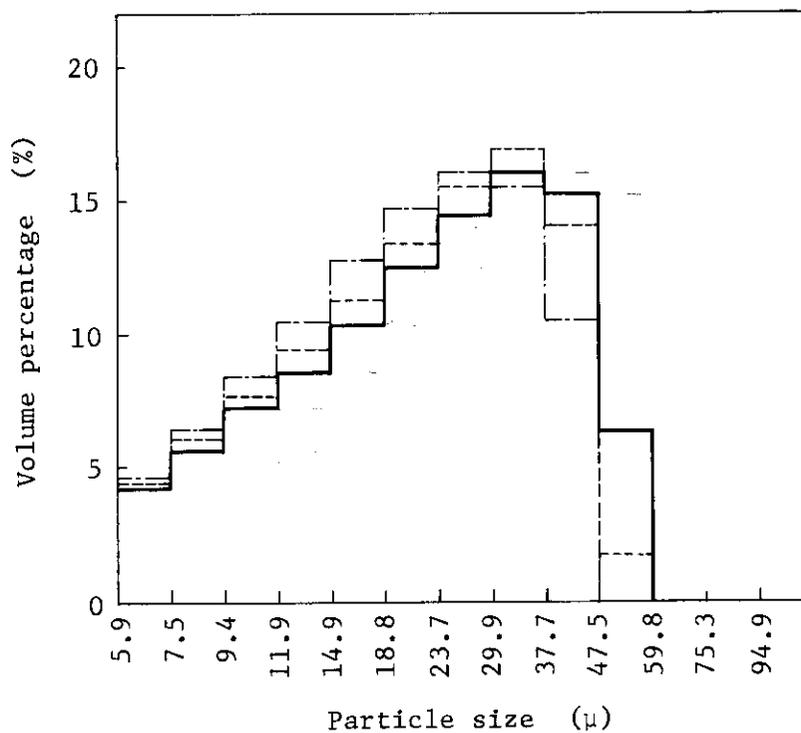


Fig. 8 Particle size distribution of 350# undersize powders.
Irradiation: —, no irradiation; - - -, 50 Mrad; - · - ·, 100 Mrad.

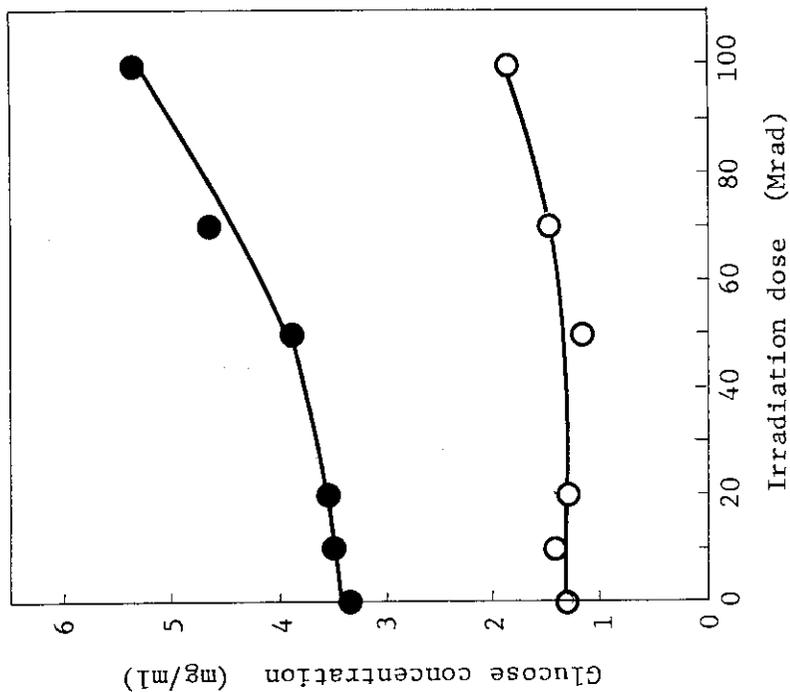


Fig. 10 Effect of irradiation dose on saccharification of chaff.
 Sample: ○, no pulverizing; ●, pulverizing.
 Saccharification: substrate, 5%; enzyme, 0.5%; saccharification time, 48 hr.

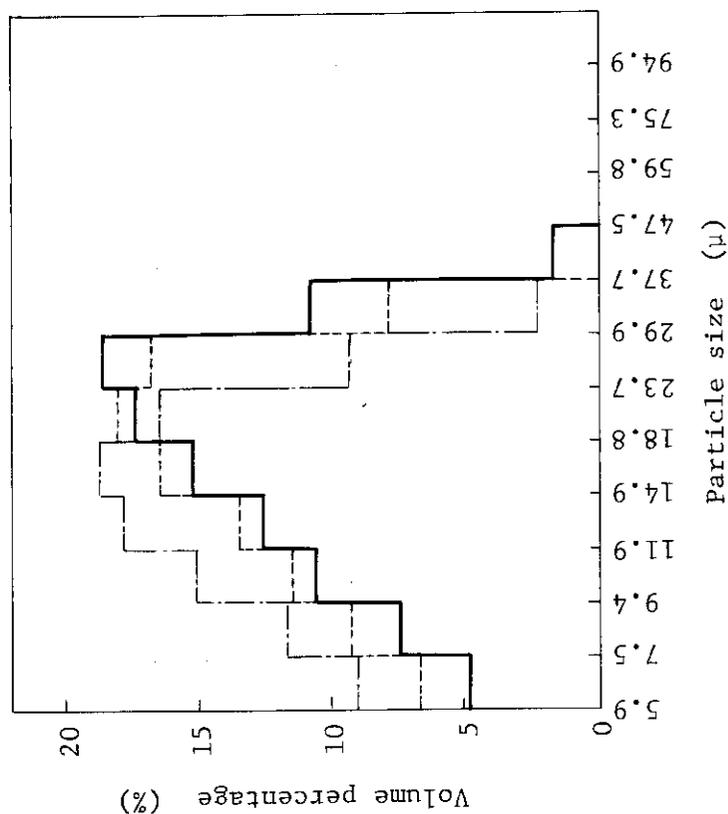


Fig. 9 Particle size distribution of 500# undersize powders.
 Irradiation: —, no irradiation; ---, 50 Mrad; -.-, 100 Mrad.

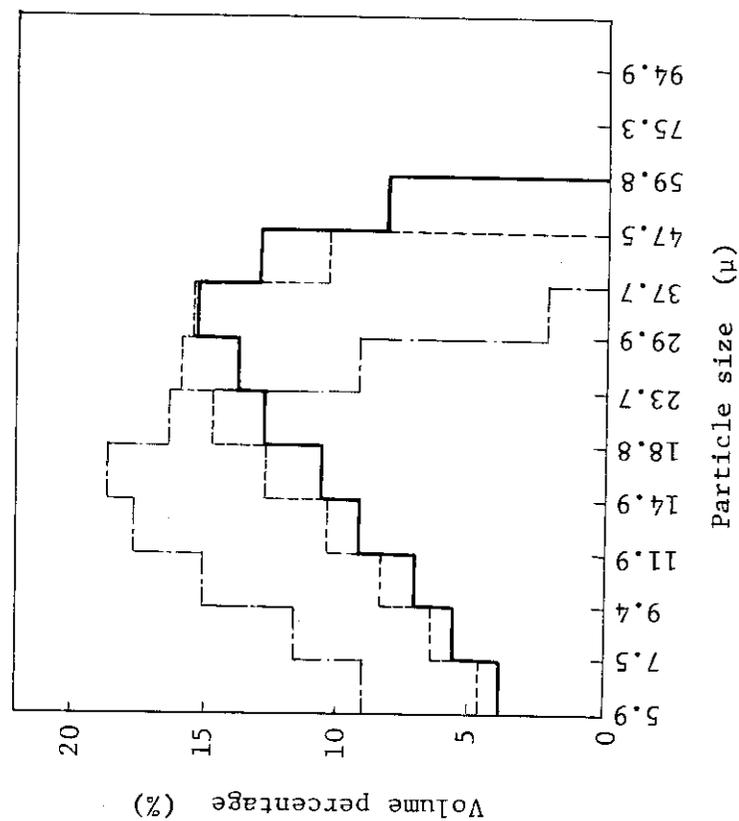


Fig. 12 Particle size distribution of chaff pulverized after irradiation.
Irradiation dose: 100 Mrad
Sample: —, 250# underside; ---, 350# underside; -·-·-, 500# underside.

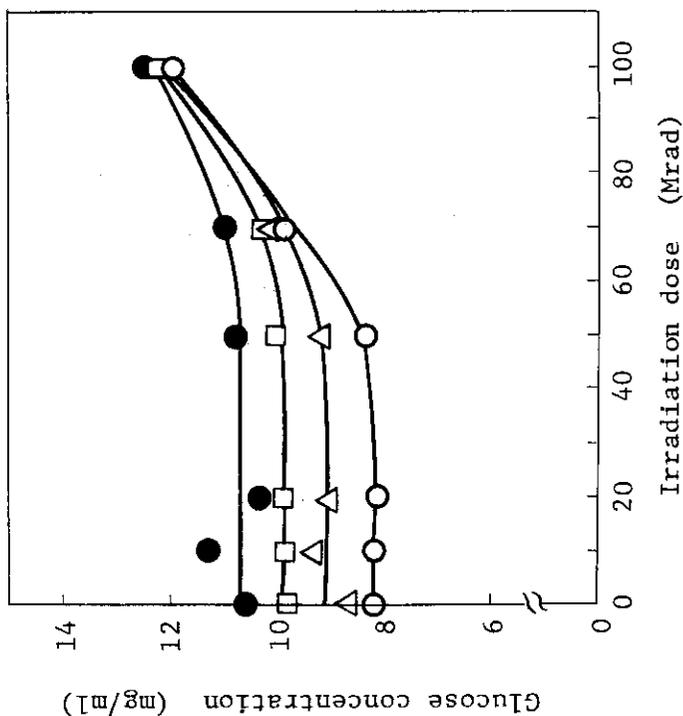


Fig. 11 Effect of irradiation dose on saccharification of chaff.
Sample: O, no screening; Δ, 250# underside; □, 350# underside; ●, 500# underside.
Saccharification: substrate, 10%; enzyme, 1%; saccharification time, 48 hr.