

# 国産大豆の豆腐への加工適性に関する試験

## (第1報)大豆の品種・栽培条件による 絹ごし豆腐への加工適性の変化

原 健次・根岸正好

The tofu-making qualities of Japanese domestic soybeans

Part. 1 Changes in silken tofu-making qualities by differences in varietal and cultural conditions.

Kenji HARA and Masavoshi NEGISHI

### 緒 言

我が国の食品用大豆の年間消費量は約80万トンで、その60%が豆腐用であり、主に米国産大豆が使用されている。昭和53年から水田利用再編対策の推進により、国産大豆の生産量も20万トン近くまで伸びてきているが、豆腐用としては、品質が安定したものが得にくい等の問題があり、利用があまり進んでいない<sup>1)</sup>。そこで豆腐への加工適性のある大豆の品種とその栽培条件による加工適性の変動を調査することにより、国産大豆の豆腐原料として消費が拡大し、転作物として定着させることが期待される。

豆腐には主に絹ごし豆腐と木綿豆腐があり、絹ごし豆腐は大豆より濃い豆乳を作り、凝固剤で豆乳全体を凝固させたもので、木綿豆腐は薄い豆乳を作り凝固させた後にこれをつきくずしながら糖分を多く含む液(ゆ)を分離し、型箱で圧搾二次凝固させたものである<sup>18)</sup>。木綿豆腐の品質は、原料大豆の品質と共に、圧搾凝固等の製造技術にも影響されるが、絹ごし豆腐の品質は原料大豆の品質に直接的に影響される。したがって、はじめに県内産及び近隣県産大豆の絹ごし豆腐への加工適性とその栽培条件による変動を検討した。

また、絹ごし豆腐の硬さは大豆及び豆乳中の蛋白質量とともに、大豆蛋白中の超遠心分離分析における2S、7S、11S、15Sの各蛋白の内、11S蛋白にもっとも影響されると言われているので、著者らが同一蛋白質量で明らかに豆腐の硬さが異なる原料大豆について、11S蛋白質量を測定したが、11S蛋白質量だけでは、同一蛋白質量における豆腐の硬さの違いを説明できなかった。また、7S、11Sなどの蛋白は数種類のサブユニットからなり、このサブユニット構造の相違により11S蛋白の凝固力に違いがあると言われているので、<sup>7)</sup>各大豆品種より酸沈でん蛋白を調製し、電気泳動法により11S蛋白のサブユニット構造を定性的に分析し、大豆及び豆乳中の蛋白質量とともに、絹ごし豆腐への加工適性との関係を検討したのであわせて報告する。

### 1. 試験方法

#### (1) 供試材料

ア. 県産大豆の栽培年次による豆腐加工適性の変化を調査したもの

当所水田転換畑で昭和55~57年に第1表により生産された大豆品種エンレイ、津久井在来、タマホマレ、ナカセンナリ、東山104号、東山112号、東山117号、哇呼大豆を用いた。

第1表 大豆の栽培条件

生産年	前作	播種	栽培密度	施肥量 (a 当り)	
55※	大豆	7. 4	60×10cm	堆肥 100kg, 化成(3-7-10) 8kg	-
56	〃	7. 8	〃	〃	タンカル10kg, 追肥 NK化成(16-0-16) 1.25kg
57	水稻	7. 5	〃	〃	苦土石灰 10kg

(註) ※気象条件 55年7月6半旬から8月末まで低温寡照, 9月前半高温多照  
 56年7月2半旬から9月1半旬まで高温多照, 9月2~4半旬やや低温  
 57年8月1半旬まで多雨寡照, 8月1~2日, 9月12日台風により潮風害大

第2表 エンレイ、津久井在来の栽培条件

品 種	生産年	播種	施肥量 (a 当り)	試験№
エンレイ	55	7. 4	堆肥 100kg, 化成(3-7-10) 8kg	1
		7. 15	- 〃 6kg	2
		7. 上旬	無肥料	3
津久井在来	57	7. 4	堆肥 100kg, 化成(3-7-10) 8kg	1
		6. 30	無肥料	2
		7.	〃	3

イ. 県産大豆の施肥条件及び生産地の相違による豆腐加工適性の変化を調査したもの

施肥条件による加工適性の変化は第2表の栽培条件で昭和55年に当所で生産したエンレイ及び昭和57年に生産した津久井在来を用いた。

産地による加工適性の変化は、県下津久井郡、厚木市、小田原市、横浜市(緑区)、平塚市の各地で昭和56、57年に生産された大豆品種津久井在来を1~2点用いた。ただし昭和57年厚木市産津久井在来は入手できなかった。

ウ. 県外産大豆の豆腐加工適性を調査したもの

県内の豆腐製造業者が比較的入手しやすいと思われる関東、東北地域産の主要大豆品種で昭和55~57年に生産されたものと、その他の地域で生産量の多い大豆について56年産のものを用いた。

昭和55~57年産の3年間の豆腐への加工適性の生産年による変化を調査した品種は長野県産エンレイ、岩手県産山白玉、栃木県産タチスズナリ、秋田県産シロセンナリ、青森県産オクシロメである。各大豆は転作奨励交付金制度に基づく入札後、全国農業協同組合連合会を通じて2~3等級のものを無作意で入手したので、生産年により、各品種の生産県は同じであるが、生産者、産地は異なるものを用いた

昭和56年産のみ加工適性を調査した大豆品種は北海道

産トヨスズ・キタコマチ、福島県産タマヒカリ、岐阜県産中鉄砲、佐賀県産千代姫・フクユタカであり各品種につき1~2点前記の方法で入手したものを用いた。

エ. 大豆と豆乳中の蛋白質含有量及び蛋白の組成と豆腐の硬さの関係を調査したもの

昭和58年当所水田転換畑で供試材料のAと同様な栽培条件で生産された大豆品種津久井在来、津久井在来(V型)、タマホマレ、ナカセンナリ、東山104号、東山114号、東山117号、畦畔大豆、ピーソン(米国大豆を当所で栽培し5作目のもの)、エンレイを用いた。

### (2) 豆乳の調製

大豆 50g を 20℃ で 19 時間水に浸漬後、吸水大豆重を測定し吸水大豆に6倍加水量(吸水量も含む)の水を加えて、ジュース・ミキサーで磨砕し「ご」をつくる。「ご」を沸騰し始めてから5分加熱し、蒸発による水分の減少を補正し、ガーゼ2重で手押しジュースにより压榨ろ過し、豆乳収量を測定後、直ちに氷水で冷却した。

### (3) 豆腐の調製

豆乳25mlを内径30mmの遠沈管に取り、凝固剤のグルコノ・デルタ・ラクトン(以下GDLと言う)を最終濃度0.1~0.6%になるように添加し、70℃60分恒温水槽中で凝固後、氷水で冷却し、20℃の恒温室に1時間放置後、豆腐とした。

### (4) 測定項目及び測定方法

#### ア. 百粒重

完全粒100粒を数えて、秤量し3回の平均値をとった。

#### イ. 発芽率<sup>10)</sup>

種子を軽く水洗後、ペーパータオルを2枚重ねてその上に縦、横5ヶづつ25粒並べ、霧を吹き湿らせて全体を巻きピーカーに立てる。同じものを2組作り計50粒を25℃の恒温室に入れ7日目の発芽数を2倍し発芽率とした。

#### ウ. 吸水率

豆乳調製時の吸水大豆重から原料大豆重を差し引き原

料大豆重で割った値。

#### エ. 溶出固型分

豆乳調製時の浸漬水を250mlに定容後50mlを取り105℃で1昼夜乾燥し重量を測定し、大豆100g当たりの溶出量に換算した。

#### オ. 水分

粉碎した試料2gを取り、135℃の通風乾燥器で3時間乾燥し減量の百分率を算出した。

#### カ. 蛋白質

ケルダール法により全窒素を測定し、調製試料に対し百分率で表わし、これに5.71の蛋白換算係数を乗じて蛋白質%とした。

#### キ. 脂肪

粉碎試料10gを円筒ろ紙に取り、ソックスレー脂肪抽出器にかけ、エチルエーテルで16時間抽出し、抽出フラスコ中のエーテルを回収後、105℃で2時間乾燥し、抽出した脂肪量を測定した。

#### ク. 全糖

粉碎試料1gを0.7Nの塩酸で2.5時間加水分解後、中和し、飽和酢酸鉛で除蛋白し、しゅう酸ナトリウムを加えて除鉛後の液について、ソモギ変法により測定し、グルコース換算した。

#### ケ. 灰分

粉碎試料2gを580℃で直接灰化法により灰化し残分重量を測定した。

#### コ. 全りん

蛋白質定量後の硫酸分解液をアンモニア水で中和し、メタバナジン酸アンモニアで発色し420nmの吸光度<sup>17)</sup>を求めmg%で表わした。

#### サ. 豆乳の固型分

試料10gを取り105℃で一昼夜乾燥し求めた。

#### シ. 豆腐の硬さの測定

飯尾電機株式会社製ネオカードメーターで感圧軸直径8mmのプランジャーを用い、直径30mmの遠沈管中に凝固させた豆腐の中央部を押し破断強度(g)を測定した。

### (5) 電気泳動用標準11S蛋白の調製法

n-ヘキサンで脱脂した津久井在来よりKitamura<sup>5)</sup>らの方法により分離した11S蛋白のpH7.6、0.03M-K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>、0.2N-NaOH、0.01M-2-メルカプトエタノール、0.1N-Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含有緩衝液の溶液を水を外液として3日間透析した後、凍結真空乾燥して、電気泳動の試料用緩衝液で濃度が1mg/100ulになるように溶かし、電気泳動用標準11S蛋白とした。

### (6) SDSポリアクリルアミドゲル電気泳動による

### 11S蛋白のサブユニットの分析方法

各品種の粉碎大豆からn-ヘキサンで脱脂した脱脂大豆10gから、蛋白質を10倍量の水で3回抽出した液を、希塩酸で大豆蛋白の等電点のpH4.5にして、酸沈でん蛋白を遠心分離後NaOH液で中和し、濃度が1mg/100ulになるように電気泳動の試料用緩衝液で希釈して電気泳動用試料とした。

電気泳動は分離した標準11S蛋白と各品種からの酸沈でん蛋白を、パルマシヤ・ファイン・ケミカル社製ゲルろ過分子量測定用標準蛋白のChymotrypsinogen-A(分子量25,000)、Ovalbumin(同43,000)、Albumin(同67,000)と共にU, K, LAEMMI<sup>6)</sup>の方法によりアトー(株)製スラブ・デスク電気泳動装置を用いて行った。アクリルアミドゲル濃度は11%とし、電気泳動は40Vの定電圧で18~20時間泳動した後、ゲルを50%トリクロロ酢酸溶液につけゲル中の蛋白を固定した後、0.1%コマジン・ブリアント・ブルー、25%メタノール、10%酢酸溶液で蛋白を染色、余分の色素を25%メタノール、10%酢酸溶液で自然脱色して、(株)富士理研製デンストロメーターにより泳動パターンを記録した。

## 2. 試験の結果

### (1) 県産大豆の栽培年次による豆腐への加工適性の変化

供試した8品種の生産年別分析結果を第3表に示した。各品種とも百粒重、発芽率、各成分の含有率は生産年による変動は大きい、各品種のおおよその特徴がつかめた。エンレイは蛋白質が多く、糖が少ない。津久井在来は蛋白質が少なく、糖が多い。タマホマレは蛋白質が少なく脂肪が多い。ナカセンナリは各成分とも平均的な値である。東山系大豆は蛋白質がやや多い。畦畔大豆はエンレイに次いで蛋白質が多かった。

灰分、りんは品種による特徴はみられなかった。

加工工程中の大豆の主要成分の豆乳への抽出率、吸水率、溶出固型分の変化を調査した結果を第4表に示した。原料大豆の主要成分の豆乳への抽出率は、固型分で60~65%、蛋白質で70~79%、全糖で27~50%、脂肪で64~80%(55年産は測定せず)であり、全糖以外はよく豆乳へ抽出され、しかも豆腐の品質に影響が大きい蛋白質の抽出率は固型分抽出率とともに安定していた。また原料大豆と豆乳との各成分の相関は高い。蛋白質の多い品種からの「ご」は加熱後の粘性が高く、豆乳が絞りにくく、全糖の多い品種のものは絞りやすい傾向にあった。

第3表 品種別原料大豆の成分値

品 種 名	生産年	百粒重 (g)	発芽率 (%)	水分 (%)	澱 粉 (%)	蛋 白 (N×5.71)	脂 肪 (%)	全 糖 (%)	灰 分 (%)
エンレイ	55	27.0	82	9.7	6.52	37.8	16.9	17.0	4.96
					7.33	41.9	13.7	13.3	5.49
	56	34.3	98	12.1	6.52	37.2	15.8	16.0	4.86
津久井在来	55	24.6	100	11.3	5.94	33.9	15.1	20.2	4.67
					5.70	33.3	17.0	22.3	5.26
	56	34.4	98	12.7	5.75	32.3	15.4	19.4	4.45
タマホマレ	55	23.7	92	11.5	5.59	31.9	17.5	19.5	4.38
					6.11	36.0	19.9	22.0	5.31
	56	31.7	100	12.3	5.50	31.4	18.2	16.7	4.52
ナカセンナリ	55	19.5	94	10.8	5.93	34.1	15.8	18.5	4.82
					5.70	33.3	13.8	20.3	5.40
	56	27.7	96	10.6	5.90	33.7	17.2	18.4	4.39
東山104号	55	23.2	96	9.6	6.31	36.0	15.9	18.1	4.93
					6.98	39.9	17.6	20.0	5.45
	56	34.0	78	10.2	5.82	33.3	16.3	20.2	4.73
東山112号	55	23.8	96	9.6	6.30	36.0	16.2	18.6	4.99
					6.97	39.8	17.9	20.6	5.32
	56	35.1	100	11.5	6.05	34.5	16.2	17.9	4.87
東山117号	55	22.5	98	10.2	6.50	37.1	15.4	17.5	5.09
					7.23	41.4	17.1	19.5	5.67
	56	33.9	96	11.4	6.04	34.5	16.4	19.0	4.51
畦畔大豆	55	21.4	98	9.8	6.55	37.4	14.5	17.1	4.75
					7.26	41.5	16.2	19.0	5.23
	56	32.5	92	10.4	5.35	36.3	15.8	18.7	4.39

(註) 上段は分析値, 下段は乾物換算した値

第4表 豆腐の加工工程中の主要成分の動向

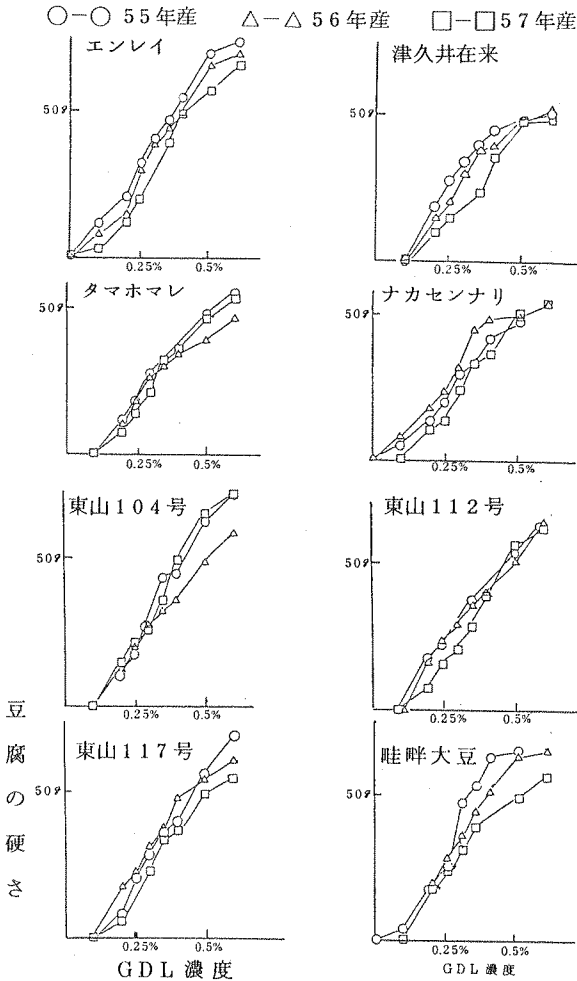
品 種 名	生産年	吸水率 (%)	帯出固 型分(%)	豆				乳	
				収量(g)	固型分(%)	蛋白質(%)	全糖(%)	脂肪(%)	りん(%)
エンレイ	55	144	0.9	257	10.3	5.22	1.35		98
					58.7	71.0	40.8		
	56	126	0.7	234	9.9	5.01	0.95	1.9	93
津久井在来	55	137	0.2	285	9.1	4.13	1.59		71
					58.4	69.4	44.8		
	56	124	1.3	235	9.9	4.41	1.38	2.0	74
タマホマレ	55	139	0.6	262	10.1	4.40	1.59		96
					59.9	72.3	42.8		
	56	122	0.7	284	10.0	4.17	1.43	2.5	76
ナカセンナリ	55	136	0.7	266	10.2	4.58	1.61		85
					62.1	75.3	46.0		
	56	127	0.9	274	10.2	4.61	1.60	2.0	76
東山104号	55		0.6	256	10.5	5.29	1.12		98
					59.5	73.1	31.7		
	56	122	1.0	274	9.9	4.64	0.99	2.1	93
東山112号	55	135	1.0	265	10.2	4.82	1.09		95
					59.8	71.1	30.0		
	56	128	2.2	272	10.0	4.52	1.02	2.2	82
東山117号	55	130	1.1	274	10.3	4.78	1.14	2.4	102
					62.3	76.6	33.8	78.9	
	56	124	1.1	275	10.3	4.89	1.02	2.1	87
畦畔大豆	55	140	0.6	263	10.1	5.00	0.99		86
					58.7	70.2	33.5		
	56	127	0.8	264	10.4	5.04	0.99	1.9	93

(註) 上段は分析値, 下段は原料からの移行率

豆乳にGDLを0.1~0.6%添加して凝固させた豆腐の硬さ(破断強度)の生産年による変化を第1図に示した。

GDLによる絹ごし豆腐の製造は、GDLが加熱により水と反応しグルコン酸となり豆乳pHがさがり、蛋白質が凝固することを利用するもので、硫酸カルシウム(すまし粉)や塩化マグネシウム(にがり)を使う場合と異なり、GDLを豆乳に0.5%以上使用すると、豆腐に酸味が出て商品性を低下させた。また、豆腐の硬さが50g以下のものは、豆腐の切断、パック詰めなど製造、販売上困難性を伴うとともに食感上の舌ざわり、歯ごたえ

などの官能評価も悪くなり商品性が劣る。したがって各GDL濃度と豆腐の硬さのパターンにおいてGDL濃度0.4%以下で豆腐の硬さが50g以上を示した大豆が絹ごし豆腐への加工適性が有るものと判断した。以上のような大豆の豆腐への加工適性の評価基準を基にして結果をみると、畦畔大豆以外の品種は、原料及び豆乳中の蛋白質量の生産年による変動が大きい割にはGDL濃度と豆腐の硬さのパターンの変動は少なかった。特にエンレイの57年産は台風による被害の影響からか原料及び豆乳中の蛋白質量が低かったが、その前2年の高蛋白質時と同



第1図 生産年による豆腐への加工適性の変化

様々な豆腐の硬さを各GDL濃度で示し、GDL 0.4%で豆腐の硬さが60gと、豆腐への加工適性の良さと安定性を示していた。津久井在来、タマホマレは、各年とも原料、豆乳中の蛋白質量が少なくGDL濃度0.4%で豆腐の硬さが50g以上とはならず加工性は劣ったが、糖分が高く味のある豆腐が得られた。ナカセンナリは、津久井在来やタマホマレよりも高い蛋白質量の豆乳が得られたが、豆腐の硬さは両品種と各年とも類似しており加工適性は劣った。東山系3品種は、豆乳中の蛋白質濃度は高いがGDL濃度0.3~0.4%における豆腐の硬さの増加率が少なくやや豆腐への加工適性は劣ったが、GDL濃度0.6%まで豆腐の硬さが直線的に増加する傾向がみられた。畦畔大豆は原料大豆中の蛋白質量が年々減少傾向にあり、それにつれて豆腐の硬さも低下した。

以上のとおりほぼ同一条件で生産された大豆の形状と品質、絹ごし豆腐への加工適性の品種間比較を3年間調査した結果、生産年により大豆の形状及び主要成分の蛋白質、脂肪、全糖、の含有率は変動したが、エンレイの高蛋白質・低全糖、タマホマレの低蛋白質・高脂肪などのような品種の特性を越えるものではなかった。

原料大豆と豆乳間の各成分の相関は高く、生産年による原料大豆の主要成分の変動はそのまま豆乳に移りし、特に豆腐の硬さに影響が大きい豆乳中の蛋白質量も変動したが、各GDL濃度と豆腐の硬さのパターンは供試した8品種のうち畦畔大豆を除いて変化は少なく安定していた。

(2) 県産大豆の施肥条件及び生産地の相違による豆腐への加工適性の変化

ア. 大豆の施肥条件の違いによる豆腐への加工適性の変化

エンレイ、津久井在来の原料大豆の成分及び豆乳への各成分の抽出率は施肥条件による変動が見られたが、施肥条件による豆腐への加工適性の変化は第2図のとおりで、両品種固有のGDL濃度と豆腐の硬さのパターンを示し、施肥条件の違いによる加工適性の変動は少なかった。つまりエンレイはGDL濃度0.3%で豆腐の硬さは50g以上になるのに比べ、津久井在来はGDL濃度0.4%でも40gであり、品種による特徴は施肥条件の違いにより影響されなかった。

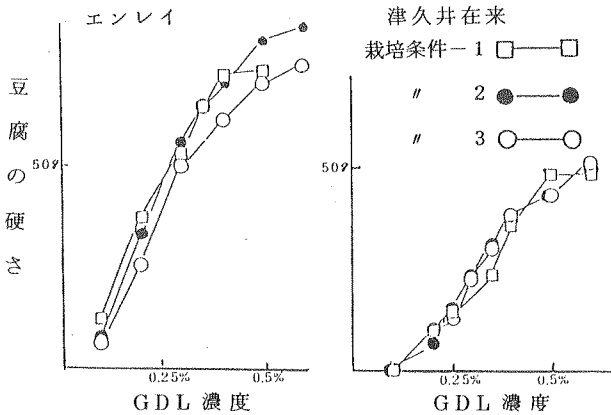
イ. 津久井在来の生産地の違いによる豆腐への加工適性の変化

生産年、地域、生産者による大豆の各成分の変動がみられるが、蛋白質が少なく、全糖が多い津久井在来の特徴と、原料大豆からの豆乳の収量と各成分の抽出率には変りはなく、豆腐への加工適性の変化を調べた結果は第3図のとおりである。各GDL濃度における豆腐の硬さのパターンは昭和56年小田原産以外ほぼ一定しており、GDL 0.4%で豆腐の硬さは40g程度であり、津久井在来の絹ごし豆腐への加工適性の劣ることと、生産地及び生産年、生産者の違いによる変動との関連は少なかった。

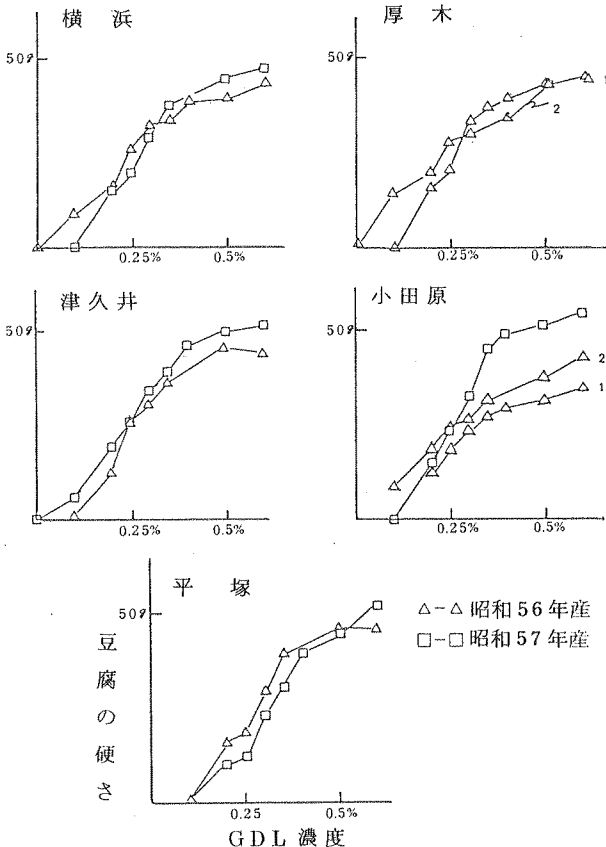
(3) 県外産大豆の豆腐への加工適性

ア. 昭和55~57年県外産大豆の豆腐への加工適性の変化

3年間にわたり同一県の同一品種の大豆を無作為に入手したので、その都度生産地・生産者は異なり、各品種とも原料大豆の各成分、豆乳への各成分の抽出率が生産年により変動したので、一定した豆乳が得られなかった。しかし各品種のGDL濃度と豆腐の硬さのパターンは第



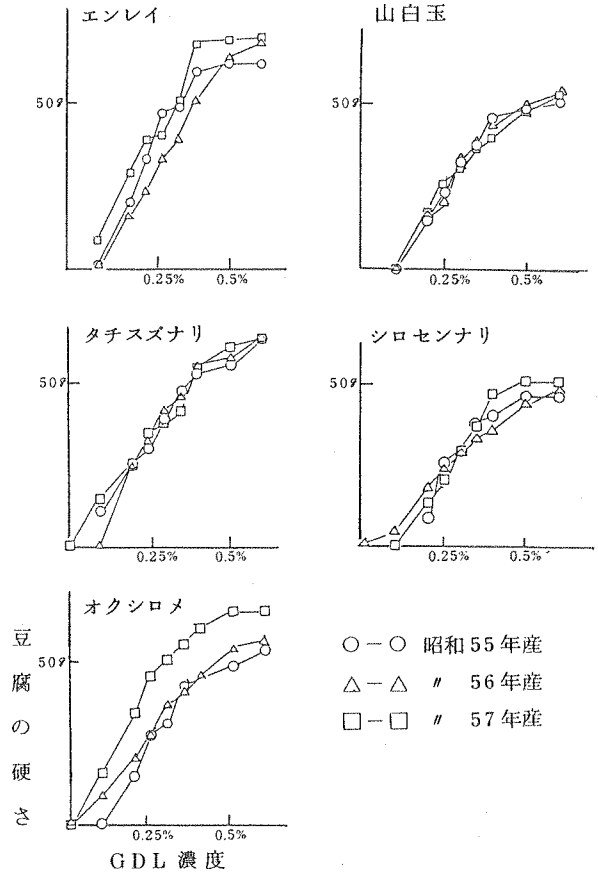
第2図 施肥条件による豆腐への加工適性の変化



第3図 津久井在来の豆腐への加工適性の変化

4図のとおりで57年産オクシロメ以外は3年間を通じてほぼ同じ傾向にあった。

エンレイとタチスズナリは、GDL濃度0.2~0.4%での豆腐の硬さの増加が大きく、0.5~0.6%で横這い傾向となるが、0.4%で豆腐の硬さが50g以上を示し、豆腐への



第4図 県外産大豆の豆腐への加工適性の年次変化

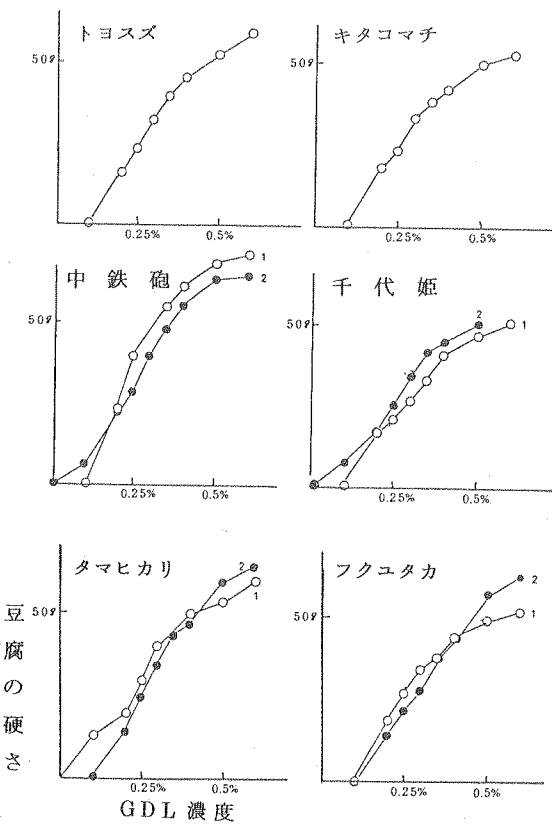
加工適性が優れていた。

山白玉とシロセンナリは、GDL濃度の増加につれてsinカーブ的な豆腐の硬さの増加を示すが、GDL 0.4%での硬さが50gに達せず豆腐への加工適性はあまり良くなかった。

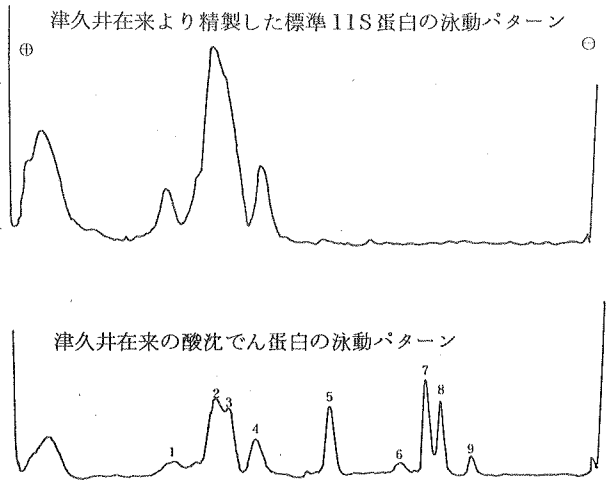
オクシロメは、57年産は原料大豆中の蛋白質量が前2年より高い傾向にあったためか、各GDL濃度で豆腐の硬さが前2年より10~15g硬く、エンレイやタチスズナリと類似した加工適性の良さを示したが、他の2年は良くなかった。

#### イ. 昭和56年県外産大豆の豆腐への加工適性

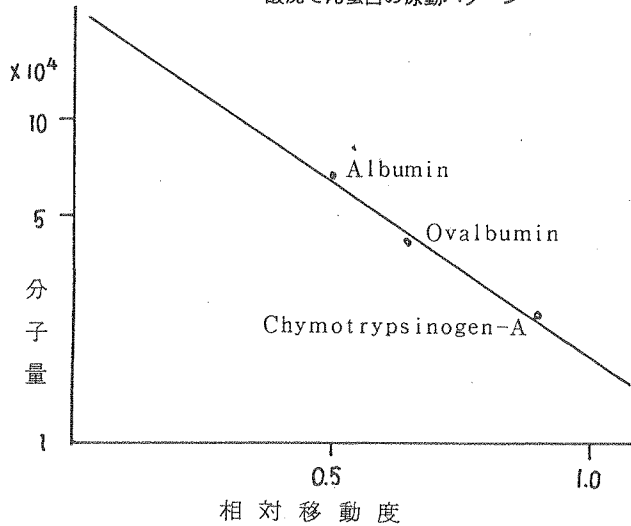
各品種のGDL濃度と豆腐の硬さのパターンを第5図に示した。エンレイやタチスズナリのようにGDL 0.2~0.4%で直線的に豆腐の硬さの増加を示す品種は見当らなかったが、中でも中鉄砲は、GDL 0.4%で豆腐の硬さが55~60gあり加工適性が良かった。タマヒカリもGDL 0.4%で豆腐の硬さが50gと中鉄砲に次いで加工適性



第5図 県外産大豆の豆腐への加工適性



第6図 津久井在来の11S蛋白及び酸沈でん蛋白の泳動パターン



第7図 相対移動度と分子量の相関

が良かった。

(4) 大豆と豆乳中の蛋白質含有量及び蛋白の組成と豆腐の硬さの関係

ア. 標準11S蛋白の電気泳動の結果

津久井在来から精製した11S蛋白と酸沈でん蛋白の泳動パターンを第6図に示した。両蛋白の泳動パターンにおいて十側、つまり低分子側のピークを無視し各ピークに低分子側から1～9と番号を付けた。各ピークの相対移動度より、ゲルろ過分子量測定用標準蛋白の泳動結果から作成した分子量と相対移動度の相関図第7図により、各々のピークに相当するサブユニットの分子量を算出した結果を、山内<sup>19)</sup>、森らのデータと比較した結果は第5表のとおりである。

報告者によりデータは異なるが、11S蛋白のサブユニットの分子量は45,000以下であると言うことは共通していた。分離した標準11S蛋白の電気泳動結果は11S蛋白のサブユニットと思われる分子量27,000～36,000のピ

ークだけで、7S蛋白からのサブユニットと思われるピークNo.5以降の分子量50,000以上のピークはまったく現れず、完全に7S蛋白が除去されていたので、各品種からの酸沈でん蛋白の電気泳動の標準11S蛋白とした。

イ. 各品種からの酸沈でん蛋白の電気泳動の結果  
大豆10品種からの酸沈でん蛋白を電気泳動させた泳動パターンは品種により第8図のような2つのタイプの泳動結果が得られた。標準11S蛋白の泳動結果から11S蛋白のサブユニットであることを示すピークNo.1～4のうちピークNo.3のない品種と、ある品種とに分けられることが判明した。

ピークNo.3のない品種  
エンレイ

第5表 各ピークの分子量測定結果と文献の値の比較

ピークNo.	分子量	山内のデータ	文献のデータ
1	27000	11S 蛋白質 A <sub>1</sub> 37000	11S 蛋白質 38000
2	31500	11S 蛋白質 A <sub>2</sub> 37000	34800
3	32200	11S 蛋白質 A <sub>3</sub> 45000	19000~17900
4	36200	B <sub>1</sub> 22500	
5	50000	B <sub>2</sub> 22500	
6	65000	B <sub>3</sub> 21000	
7	72000	7S 蛋白質 α 57000	
8	81000	7S 蛋白質 α' 57000	
9	93000	β 43000	

タマホマレ  
ナカセンナリ  
東山104号  
畦畔大豆

ピークNo.3のある品種

津久井在来  
津久井在来(V型)  
東山114号  
東山117号  
ビーソン

品質による、11S蛋白質のサブユニットの電気泳動図でのピークNo.3の有無と、原料大豆及び豆乳の蛋白質含有量とGDL濃度0.5%の豆腐の硬さを比較した結果が第6表である。ピークNo.3のない品種は、原料大豆及び豆乳の蛋白質含有量にくらべ豆腐の硬さが硬くなる傾向、ピ

ークNo.3のある品種は原料大豆及び豆乳の蛋白質含有量にくらべ豆腐の硬さが柔らかくなる傾向にあった。絹ごし豆腐の硬さは、豆乳の蛋白質の量と質以外蛋白質とりん(フィチン酸)、脂肪などの比率も影響すると報告されているので一概には言えないが、この品種による11S蛋白質のサブユニット構造の相異も絹ごし豆腐の硬さに影響すると思われた。

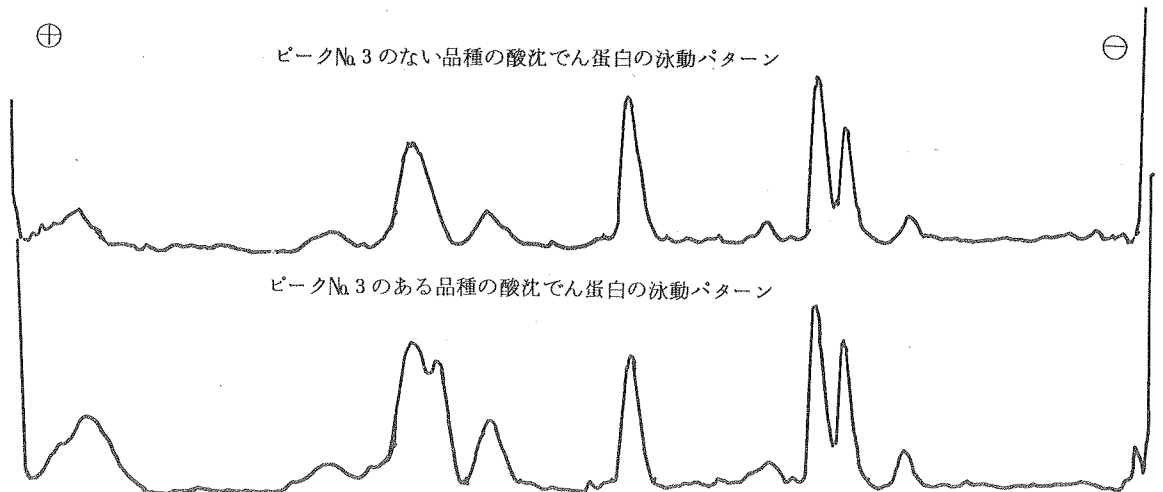
### 3. 考 察

#### (1) 大豆の絹ごし豆腐への加工適性の評価法

加工適性の評価の方法として、原料大豆の成分分析、小規模な試験用豆腐製造実験における豆乳への主要成分

第6表 大豆及び豆乳中の蛋白質量、蛋白質組成と豆腐への加工適性の関係

品 種 名	大 豆 蛋白質量 (%)	豆 乳 蛋白質量 (%)	GDL0.5%の豆腐の硬さ (g)	ピークNo.3の有 無
津久井在来	33.6	9	4.43 8	50 10 有
津久井在来(V)	34.0	7	4.51 7	54 5 有
タマホマレ	32.1	10	4.27 10	54 5 無
ナカセンナリ	33.9	8	4.43 8	54 5 無
東山104号	34.3	6	4.54 5	61 2 無
東山114号	34.8	3	4.52 6	55 4 有
東山117号	36.0	1	4.75 2	53 8 有
畦畔大豆	34.8	3	4.78 1	58 3 無
ビーソン	34.6	5	4.74 3	53 8 有
エンレイ	35.9	2	4.67 4	70 1 無



第8図 品種による酸沈でん蛋白の泳動パターンの相異



の移行動向をとらえると共に、得られた豆乳に凝固剤のGDLを段階的に0.1~0.6%まで添加して絹ごし豆腐を作り、各濃度における豆腐の硬さを測定する方法を組み合わせて行った。しかし豆腐の品質の評価は、その固型分や蛋白質の含有率より、製造上の豆腐の切断、パック詰めなどの作業性及び、舌ざわり、歯ごたえなど、食感上その硬さに左右されるので、大豆の豆腐への加工適性を主に各GDL濃度における豆腐の硬さで評価するのが実態とよく一致することがわかった。

国産大豆からの豆乳は、米国産大豆のものとは糖が多く、pHが高いのでGDLの使用量は米国産の場合の0.3%より、0.4%程度が適正とみられ、これ以上の使用は豆腐に酸味を感じるようになり、商品性が劣る。

またネオ・カードメーターで直径8mmのプランジャーで破断力として測定した豆腐の硬さ50g以上ないものは前記のように製造及び販売上の困難性を伴うと共に食感上の舌ざわり、歯ごたえなどの官能評価が悪くなる。

このことにより、6倍加水で絹ごし豆腐を凝固剤GDLで製造する場合、GDL濃度0.4%で豆腐の硬さが50g以上ある大豆が加工適性のあるものと判断した。

以上の結果より、いままで豆腐業者が国産大豆で絹ごし豆腐を製造する場合、凝固剤のGDL使用量は、日常使用している米国産大豆の適正使用量の0.3%と同じにして、国産大豆と米国産大豆の加工適性を比較して国産大豆は良くないと言っていたのであり、この試験により判明した国産大豆の適正凝固剤使用量0.4%にて豆腐を製造すれば、国産大豆もGDL0.3~0.4%における豆腐の硬さの増加が大きいため、もっと品質の良い豆腐が得られ国産大豆の業界での評価が良くなると思われる。

またこの豆腐への加工適性の評価方法は、試験材料として大豆100gもあれば充分であり、少量しか生産されない育種段階での試験が出来るので豆腐加工用の品種の選抜も可能である。

(2) 大豆の栽培条件による豆腐への加工適性の変化

国産大豆の品種による豆腐への加工適性の違い及び栽培条件による加工適性の変化を調査した文献はなく、ただ豆腐製造業界で長野県産エンレイが豆腐への加工性が良いと言われているだけなのでエンレイ以外の豆腐への加工適性の品種の検索を兼ねて、国産大豆の栽培条件による豆腐への加工適性の変化を調査した。

県内産大豆については、生産年、施肥条件、生産地、生産者等の栽培条件を変えて、県外産大豆については、同一県の同一品種の大豆を無作意に入手し豆腐への加工適性の変動を調査した結果、2品種を除いて、栽培条件

により品種内に加工適性の多少の変動があったものの、大豆の品種による豆腐への加工適性の特徴を越えるものではなかった。

調査した大豆のうち、豆腐への加工適性が良いと評価された品種は、エンレイとタチスズナリ、中鉄砲とタマヒカリであり、エンレイ以外にも豆腐への加工適性の良い品種が見出された。また神奈川県産エンレイは長野県産エンレイと同等以上に加工適性があり、栽培条件による加工適性の変動が少なかったことも合わせて考えると豆腐原料として大豆は、生産年や生産地よりもその品種が重要であった。

また豆腐への加工適性が良いと評価された、エンレイとタチスズナリ、中鉄砲とタマヒカリの各々は第7表の供試大豆の来歴のとうり近い関係にあり、大豆の豆腐への加工適性は品種の遺伝的形質におうところも大きいと思われる。

(3) 大豆の11S蛋白のサブユニット構造と豆腐への加工適性

大豆の蛋白の内豆腐の硬さにもっとも影響する11S蛋

第7表 供試大豆品種の来歴 (豆類奨励品種特性表より抜萃)

品種名	来	歴	登録年月
エンレイ	黒大豆	兄 —農林2号— 兄 —東山6号— 兄 (シロユカタ)	(昭和) 46.5
	白毛9号		
タチスズナリ	黒大豆	兄 —農林2号— 兄 (農林12号)	35.4
	兄		
シロセンナリ	花嫁辰1号	兄 —シロシジロ— 兄 —赤茨— 兄 (農林58号)	46.5
	鼠茨		
オクシロメ	下田不知(系統分離)	—東北6号— (オキシロメ) —両部竹藪— (農林39号)	47.5
	オキシロメ		
トヨズ	下田不知1号	—トヨズ— (農林43号)	41.5
	十支第7910号		
オクシロメ	本胃 65号	—十屋長栄— —上巻別在来— —下田不知1号— —十支第7910号—	45.6 (昭和)
	大豆本原326号		
	日鶴の子		
	十支129号		
山白玉	久藤市山根在来より系統分離(昭和34年)		
中鉄砲	在来種より選抜(昭和10年)		
タマヒカリ	中鉄砲	—タマヒカリ— (農林56号)	46.5
	宇賀在来		
フクユカタ	黒大豆	—フクユカタ— (農林78号)	55.6
	白大豆3号		
千代姫	境野在来16号		
タマホマレ	Lee	—タマホマレ—	55.6
	栗山7号		
藤久井在来	不詳		

白のサブユニットの品種による相違と豆腐への加工適性を調査した結果、品種により11S蛋白が電気泳動パターン上、3つのサブユニットからなるものと、4つのサブユニットからなるものがあり、原料大豆中の蛋白質量に比較して、3つのサブユニットからなる11S蛋白の大豆品種の方が、豆腐への加工適性が良い傾向にあった。

豆腐への加工適性に影響する品種の遺伝的形質の1つとして、11S蛋白のサブユニット構造の相違が見出された。

この品種による11S蛋白のサブユニット構造の相違を把握することは、将来豆腐への加工適性の良い大豆品種を育種する時に、3つのサブユニットからなる11S蛋白をもつ品種どうし交配させるなど利用でき、はやく品種を選抜することが可能とおもわれる。

### 謝 辞

本試験をすすめるにあたり、大豆の加工実験の方法を御教授いただくとともに、数多くの資料の提供を賜った農林水産省食品総合研究所食品理化学部長、斎尾恭子博士に厚く御礼を申し上げます。

また数多くの大豆の提供をいただいた全国農業協同組合連合会農産部に対して感謝を申し上げます。

### 要 約

昭和55～58年産の県内及び近隣県を主体とした国産大豆の品種及び栽培条件の相違による絹ごし豆腐への加工適性の変化を調査した。

(1) 絹ごし豆腐への加工適性の評価方法は、原料大豆の成分分析、加工工程における主要成分の豆乳への移行率などよりも凝固剤GDL0.1%～0.6%における豆腐の硬さのパターンから判断の方が実際のであった。

(2) 6倍加水で絹ごし豆腐を製造する場合、凝固剤GDL濃度0.4%で豆腐の硬さが50g以上ある大豆が豆腐への加工適性が良いと判断された。

(3) 県単位の限られた範囲では、大豆の栽培条件による豆腐への加工適性の変動は少なく、品種による加工適性の特徴に変動はなかった。

(4) 調査した品種のうち、エンレイヤタチスズナリが豆腐への加工適性が優れ、品種の来歴と加工適性の関係も見られた。

(5) 大豆品種の来歴による遺伝的形質の一つとして、11S蛋白のサブユニット構造の品種による相違があるとみられた。

### 引 用 文 献

- (1) 大豆供給安定協会(社団法人)：国産大豆利用促進 対策調査報告(1980)
- (2) 原健次・小清水正美・斎尾恭子：第28回日本食品工業学会発表講演要旨、P 48 (1981)
- (3) 原健次・小清水正美・根岸正好：第29回日本食品工業学会発表講演要旨 P 22 (1982)
- (4) 平中剛太郎：大豆月報 (7) (1986)
- (5) KITAMURA K. and OKUBO K.: Agr. Biol. Chem. 38 (5) 1083～1085 (1974)
- (6) LAEMMLI U. K.: Nature 227 AUGUST 15 (1970)
- (7) 森友彦：New Food Industry 24 (6) 53～59 (1982)
- (8) MORI T.: Agr. Biol. Chem. 43 577 (1979)
- (9) 中山修：New Food Industry 10 (10) 14～18 (1968)
- (10) 斎尾恭子：農林水産省食品総合研究所報告 (7) 128～149 (1985)
- (11) SAIO K. KAMIYA M. and WATANABE T.: Agr. Biol. Chem. 33 (9) 1301～1308 (1969)
- (12) SAIO K. KAMIYA M. and WATANABE T.: Agr. Biol. Chem. 35 (6) 890～898 (1969)
- (13) SAIO K. KOYAMA E. and WATANABE T.: Agr. Biol. Chem. 31 (10) 1195～1200 (1967)
- (14) SAIO K. KOYAMA E. and WATANABE T.: Agr. Biol. Chem. 32 (4) 448～452 (1968)
- (15) SAIO K. KOYAMA E. and WATANABE T.: Agr. Biol. Chem. 33 (1) 36～42 (1969)
- (16) 東京大学農芸化学教室編：実験農芸化学 下巻 P 639 朝倉書店 (1962)
- (17) 東京大学農芸化学教室編：実験農芸化学 上巻 P 90 朝倉書店 (1960)
- (18) 渡辺篤二・海老根英雄・大田輝夫：大豆食品 P 75 光琳書院
- (19) 山内文男：New Food. Industry 24 (8) 43～58 (1982)

## SUMMARY

The silken (kinugoshi) tofu-making qualities were investigated in relation to the varietal and cultural conditions, using domestic soybeans cultivated in 1980—1983. The results obtained are summarized as follows;

- (1) In order to evaluate silken tofu-making qualities, it seemed to be more practical to measure the breaking strength (hardness) of the tofu coagulated with 0.1—0.6% glucono delta lactone (GDL) than to analyze the chemical components in raw soybeans or soybean milk prepared.
- (2) When the silken tofu was prepared by adding 6 fold of water to raw soybeans and coagulating with 0.4% GDL, the soybeans which could make silken tofu having more than 50g of breaking strength by the method described in the text paper, were evaluated to have good silken tofu-making quality.
- (3) So far as these experiments were concerned, no significant differences were observed in cultural conditions, and varietal differences were always dominant in silken tofu-making qualities.
- (4) Varieties Enrei and Tachisuzunari were most superior in silken tofu-making qualities among the soybeans which were investigated in this experiment. It was also noted that there existed a close relation between genetical properties and tofu-making qualities.
- (5) It was suggested that one of the genetical effects on tofu-making quality was varietal differences in 11S protein components.