

クロロプレンゴムの押出特性

特にダイスエルの正確な測定法について

末 永 忠 行
弘 中 常 雄

Extrudability of Chloroprene Rubber

Especially on the Die Swell

Tadamichi Suwenaga
Tsuneo Hironaka

An extrusion test for unvulcanized elastomeric compounds is defined in ASTM D2230. This is known also as Extrusion test Die No. 1, Garvey type. Its rating systems, however, depend on visual estimation, which is only qualitative. As far as swelling is concerned, it is possible to perform the quantitative estimation. For rubber products which require a high accuracy of dimension or shape, visual tests are not satisfactory for their practical use. Moreover, the swelling is related directly to mill or calender shrinkage and therefore it is important as an inherent property of raw rubber or its compound.

It will be possible to determine swelling with relatively high accuracy if following procedures are observed.

- 1) Set a proper Mooney viscosity in a suitable range, not too high, nor too low. Good test results are obtained at ML=60~80.
- 2) As far as the inherent swelling of raw rubber is concerned, cancel the influence of air bubbles in the test specimens on the swelling. For instance, use weight per unit length of the specimen instead of the calculated die swell, unless any adequate devices for avoiding air absorption is provided.
- 3) For the mastication, even a small temperature difference in the process of mill rolling and feeding to an extruder has a great influence on the consequent swelling. The process temperature should be kept from about 50° to 73°C. Avoid temperatures lower than 50°C. Avoid local overcooling all through the process, for instance, that of casings, rotors of a Banbury mixer, mill rolls and the screw of the extruder. Since water temperature will change with season, month, day, or hour, try to keep it constant and controlled throughout the year.
- 4) Keep the rubber content in a compound lower than a fixed level so as to show smaller swelling than a certain value. Otherwise, it will be impossible to get reproducible data even when delicate cautions were taken.

1. はじめに

未加硫ゴム配合物の押出テストについてはASTM D 2230に記載があり、ガーベダイ押出テストとも呼ばれている。この試験法では押出特性を視覚判定することにな

っている。なるほど、エッチ、コーナー、表面状態は視覚判定に頼る以外にないであろう、しかしダイスエルは数値として求められる。寸法精度の高い製品、また形状安定性が特に強く要求される製品について視覚判定の結果のみをもって実用に供することは不十分である。さら

に、ダイスエルはミル収縮、カレンダー収縮と直接関連しているため原料ゴム、または配合ゴム固有の特性として重要である。

ここではクロロプレンゴム固有の、または所定配合固有のダイスエルを正確に測定するための種々の要因を検討し、その結果得られた知見から理想的な試験方法および装置についてのべたい。

2. 実 験 法

[1] 原料ゴム

(1) 耐寒グレード

グレード	ML ₁₊₄ (100°C)	メーカー
C	48	C社
D	46	〃
E	50	E社
F	48	F社
G	52	〃
H	48	〃

(2) 高充填用グレード

グレード	ML ₁₊₄ (100°C)	メーカー
HM-C	122	C社
HM-E	117	E社
HM-F	115	F社
HM-L	113	L社

[2] 混練り機および押出機

(1) 混練り量 約 2 kg

(2) バンバリーミキサー

- 1) 容量: 1.7 l
- 2) 実練り量: 約 1 l (本体容量の60%)
- 3) ローター回転数: 20~88r.p.m.
- 4) 練り温度: 60~80°C
- 5) 所要時間: 約10分

(3) ロール

- 1) サイズ: 10" × 22"
- 2) 回転数: 15r.p.m./17r.p.m.
- 3) ロール温度: 60~70°C
- 4) 所要時間: 約 8分

(4) 押出機

- 1) スクリュー 直径: 50mmφ, ピッチ: 25mm
リード: 50mm
- 2) L/D: 8/1
- 3) 圧縮比: 1.6
- 4) ダイ: ASTM No. 1 ダイ
- 5) スクリュー回転数: 50 r.p.m.
- 6) 温度設定

シリンダー前部: 60°C

シリンダー後部: 60°C

ヘッド: 90°C

ダイ: 110°C

スクリー: 水冷

(5) ダイスエル測定法

特にことわらぬ限りロールからリボン状に切り出し一昼夜放置して押出テストする、いわゆるコールドフィード方式(後出のホットフィード方式はロールで熱入れし、約35~40°Cで押出テストする方法)をとった。吐出量が一定したところで試片を40~50cmに切り取り、打粉をいれた受皿に置き自由に試片が伸縮できるようにした(打粉の試片重量に与える誤差は最大0.7%で無視できる)。1時間放置後30cmに裁断し重量を求め、次式にしたがってダイスエルを計算した。

$$D(\%) = \left(\frac{W}{S_0 \times L \times G} - 1 \right) \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

D: ダイスエル (%)

W: 試片重量 (g)

S₀: ダイ断面積 (cm²)

L: 試片長さ (cm)

G: 試片比重 (g/cm³)

試片を6本とり最大、最小の試片2本は除外し、残り4本の平均値をダイスエルとした。また比重は3回測定し、少数以下3桁まで一致したときの値とした。

3. 結果と考察

(1) ムーニー粘度と押出テスト

原料ゴム固有のダイスエルを問題とするとき純ゴム配合、または純ゴム配合に近いほど固有値を端的にあらわすように思われる。

しかし、実際にテストしてみると純ゴム配合に近くなるほど気泡の混入が多くなり(発泡体状の外観をしめし)、水に浮遊するくらい比重が小さくなる。気泡の混入は別問題としてもダイスエルが大きくなるのでバラツキも大きく再現性がない。

またASTM標準配合(ブラック)も同じ理由でダイスエル測定には不向である。反対に極度に高ムーニー粘度の配合も練りゴムの性質を失なって正しい値は求まらない。

ムーニー粘度が加工作業の大切な目安であるように押出テストも適切なムーニー粘度の設定が必要である。ここではムーニー粘度65~85で満足な結果を得た。

(2) 気泡に対する計算上の配慮

押出試験の際、気泡吸入に対する適切な配慮がなされないと、配合やムーニー粘度の選定が適切であってもバラツキは大きい。その理由は主として気泡が押出の際練りゴムに混入するためで、ヘッド部で50~100 kg/cm²の圧力を受けている気泡は大気圧下に押出されてそのまま50~100倍に膨脹し、そのためわずかの気泡が混入してもダイスエルは大きなバラツキを示す。

実用機で気泡の混入防止に種々の苦心が払われているように押出テストにおいても苦慮する問題である。ただ試験を目的とする限り原料ゴムの固有の、または配合固有のダイスエルを測定すればよい場合が多いので次の便法をとることができる。

ここに使用したゴムの比重はほぼ同一1.23であり、配合も同一であるから(1)式はW/Lだけの変数であり、また配合固有のダイスエルを問題とするときは気泡を含みぬ真比重で剰じてやれば、配合系の異なるダイスエルも相互に固有値として比較できる。念のため(1)式における誤差伝播の関係を検討してみると次の関係が導かれる。

$$\left| \frac{\Delta D}{D} \right| = \left| \frac{\Delta W}{W} \right| + \left| \frac{\Delta L}{L} \right| + \left| \frac{\Delta G}{G} \right| \dots\dots\dots(2)$$

実験的な経験から各誤差値を求めると次のようになる。

- 1) $\Delta W/W = 0.2/30 (\approx 0.7\%)$
 W=30g: 試片の重量
 $\Delta W = 0.2g$: 付着している打粉の重量を含めた最大のバラツキ
- 2) $\Delta L/L = 2/300 (\approx 0.7\%)$
 L=300mm: 試片の長さ
 $\Delta L = 2mm$: 裁断の際見込まれる最大のバラツキ
- 3) $\Delta G/G = 0.1/1.35 (\approx 0.75\%)$
 G=1.35 g/cm³: 配合物の平均的比重
 $\Delta G = 0.10g/cm^3$: データからみられる最大のバラツキ

これらの値を(2)式に代入するとつぎの通りである。

$$\left| \frac{\Delta D}{D} \right| = 0.7\% + 0.7\% + 7.5\% \approx 9\% \dots\dots\dots(3)$$

W/Lのみを問題にすれば合計1.4%であるのでバラツキは1/6に低下する。以下参考値としてこのW/Lを表示する。

(3) 加工履歴——押出回数とダイスエル

ここでテストした配合(I)は次に示すとおりである。

配合(I)

CR (耐寒グレード)	100 (部)
MgO	4
老防	2
ステアリン酸	1
SRFカーボンブラック	60
パラフィン (130°F)	3
ZnO	5

配合ゴムを第一回目の押出テストしたのち、再びロールで熱入れシーティングして第2回目の押出テストをし、同様に第3回目の押出テストを行った。すなわち同一配合物を3回循環使用し、このときのダイスエル測定値とW/LをそれぞれTable 1にしめした。また各押出テスト前後のムーニー粘度を測定してTable 2に表示した。

Table 1 Process History and Its Consequent Swelling and W/L

Grade	Extrusion Times Properties	Extrusion Times			
		1st	2nd	3rd	Av.
D	Swell (%)	84	76	77	79
	W/L(g/cm)	1.23	1.18	1.19	1.20
E	Swell (%)	77	72	68	72
	W/L(g/cm)	1.17	1.15	1.10	1.14
F	Swell (%)	87	79	77	81
	W/L(g/cm)	1.16	1.10	1.09	1.12
G	Swell (%)	93	84	82	86
	W/L(g/cm)	1.25	1.19	1.18	1.21
H	Swell (%)	88	81	79	83
	W/L(g/cm)	1.27	1.22	1.21	1.23
Av.	Swell (%)	86	78	77	80
	W/L(g/cm)	1.20	1.17	1.15	1.18

Table 1 から、ダイスエルは押出機を通す回数が増すと確実に低下しており、このことはW/L値でさらに確認される。このときのムーニー粘度はTable 2にしめすように、その変化はダイスエルやW/Lよりはるかに小さい。押出回数、すなわち加工履歴による影響はムーニー粘度よりもダイスエルに対して鋭敏に現われている。さらに初期の加工履歴でダイスエルは急速に低下し以後緩慢に低下する。これはゴム分子のからみ合いが加工工程でほどけるためであろう。

Table 2 Process History and Consequent Mooney Viscosity ML_{1+4} (100°C)

Extrusion Time Grade	Before Extrusion	After 1st Extrusion	After 2nd Extrusion	After 3rd Extrusion	Av.
D	70	72	70	70	70
E	86	87	84	83	85
F	70	70	68	68	69
G	76	78	73	74	75
H	68	68	68	64	67
Av.	74	75	73	72	74

一方高い寸法精度の要求される押出製品は、あらかじめ所定の素練を与え、加工工程中に起る素練りの影響を小さくしてダイスエルのバラツキを少なくすることができる。

実用上の問題は別として、ここでは原料ゴム素地の固有のダイスエルの正しく測定することが第一目標であるから、なるべく加工履歴を受けぬ加工条件でゴム配合物を調整し、押出テストする必要がある。

(4) 実験計画法による解析

次にしめす配合(II)で、各種耐寒グレードのダイスエルの固有値を求めることにした。

配合(II)

CR (耐寒グレード) 100 (部) (純ゴム分約69%)

MgO	4
老防D	2
ステアリン酸	1
FEFカーボンブラック30	
パラフィン (130°F)	3
ZnO	5

145

原料ゴムとフィード条件の二要因をとりあげ、2元配置による分散分析を行なった。

要因A: 原料ゴム 要因B: フィード条件

A₁: グレード"D" B₁: コールドフィード

A₂: グレード"E" B₂: コールドフィード

A₃: グレード"F" B₃: ホットフィード

A₄: グレード"G" B₄: ホットフィード

A₅: グレード"H" B₅, B₆, B₇, B₈:

コールドフィード

A₁~A₅を同時に比較するため同一日同一条件で混練りし、同一日に同一条件で押出テストした。この結果をそれぞれまとめて Table 3 に示し、このうちダイスエルと比重の分散分析結果を Table 4, 5 に示した。またこれら一連の実験を行った日時の気温を Table 6 に記した。

これらのデータから次のことが読みとられる。

1) 気温とダイスエル

Table 4 の分散分析の結果、要因A (原料ゴム) 要因B (フィード条件) とともに99%有意である。

W/Lについても同様であるが分散分析の結果は省略した。

Table 3 Exp. No. 2はダイスエルがもっとも低く、単に平均値が低いのみならず個々の値が全て低い。これを Table 6 の気象条件と見比べると、この日の気温は1~3°Cともっとも低くしかもこれをコールドフィードしている(すなわち温度1~3°Cの練りゴムを押出機にフィードしたことになる)。この傾向はNo. 1, No. 6にも見られ、気温の低い日にコールドフィードしていることがその主因と思われる。反面No. 3, No. 4のように気温が高く、しかもホットフィードするとダイスエルは高くなる傾向がある。気温の低い日は冷却水の温度が低下し、また気温の高い日には冷却水の温度が上昇することがこのようなバラツキを起こす主な原因と考えられる。もちろん、ダイスエルは加工工程中の要因が複雑に絡み合うので単に気温とフィード方式のみで律しきれものではない。

2) 気泡混入の目安としての押出試片の比重

Table 5 から要因B (フィード条件) に99%有意差がみとめられ Table 3 のNo. 3, No. 4のホットフィードによる押出は気泡の入り方が多く、比重が小さい。これは練りゴムの温度が可塑性と関連しているためでありむしろ気泡混入は練りゴムの可塑性と関連するという事に留意すべきであろう。

Table 3 の右欄にしめす比重の平均値は単に有意差がないのみならずほとんど同値をしめしている。これは、各グレード間にかたよりがなく、各々ランダムに正規分布をなしそのためいくつかの平均をとれば同値になることを示す。またさきに示したW/Lは気泡の影響をほとんど受けないので固有のダイスエルの問題にするとき役立つ。またそれゆえ比重の平均に有意差がなくなるまでテストを繰返し、ダイスエルの平均を求めれば気泡の影響が相殺されるのでこれを原料ゴム固有のダイスエルとすることができる。

(5) 適正なダイスエルの設定

Table 3 Swelling, Specimen Weight per Unit Length and Its Gross Specific Gravity.

Grade	Properties	Exp. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	Av.
		Date	Feb. 6	Feb. 9	Feb. 25	Feb. 26	Feb. 27	Mar. 2	Mar. 6	Mar. 9	—
		Feed	Cold	Cold	Hot	Hot	Cold	Cold	Cold	Cold	—
C	Swell (%)	123	106	140	140	131	127	135	124	128	
	W/L(g/cm)	1.47	1.38	1.48	1.50	1.46	1.47	1.54	1.46	1.47	
	Sp. Gr.	1.33	1.34	1.23	1.24	1.27	1.30	1.31	1.30	1.29	
D	Swell (%)	129	108	145	142	123	130	137	133	131	
	W/L(g/cm)	1.50	1.36	1.48	1.52	1.50	1.46	1.54	1.53	1.49	
	Sp. Gr.	1.31	1.31	1.20	1.25	1.35	1.27	1.30	1.31	1.29	
E	Swell (%)	112	100	126	132	121	115	124	126	120	
	W/L(g/cm)	1.36	1.33	1.44	1.45	1.40	1.39	1.43	1.44	1.40	
	Sp. Gr.	1.28	1.33	1.27	1.25	1.26	1.30	1.28	1.27	1.28	
F	Swell (%)	130	112	134	141	125	122	137	125	128	
	W/L(g/cm)	1.50	1.36	1.49	1.53	1.44	1.43	1.49	1.46	1.46	
	Sp. Gr.	1.30	1.28	1.28	1.27	1.28	1.29	1.26	1.30	1.28	
G	Swell (%)	133	120	160	160	143	137	141	145	142	
	W/L(g/cm)	1.55	1.43	1.58	1.63	1.56	1.56	1.57	1.57	1.56	
	Sp. Gr.	1.33	1.33	1.21	1.26	1.29	1.32	1.30	1.28	1.29	
H	Swell (%)	144	115	152	147	136	132	136	150	139	
	W/L(g/cm)	1.54	1.39	1.55	1.57	1.50	1.51	1.57	1.54	1.52	
	Sp. Gr.	1.27	1.33	1.23	1.27	1.30	1.31	1.33	1.23	1.28	
Av.	Swell (%)	128	110	143	144	130	127	135	134	131	
	W/L(g/cm)	1.49	1.38	1.50	1.53	1.48	1.47	1.52	1.50	1.48	
	Sp. Gr.	1.30	1.32	1.24	1.26	1.29	1.30	1.30	1.28	1.28	

Table 4 Variance Analysis by Two-Way-Lay-Out on The Intrinsic Swelling.

Item	DF	SS	MS	FO
	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Squares	F-Ratio
A (Grade)	5	2719.62	543.92	25.82**
B (Experiment No.)	7	4678.37	668.34	31.72**
E (Gross Error)	35	378.37	21.07	
T (Total)	47	8135.37		

Table 5 Variance Analysis by Two-Way-Lay-Out on The Gross Specific Gravity.

Item	DF	SS	MS	FO
	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Squares	F-Ratio
A (Grade)	5	5.25	1.05	0.15
B (Experiment No.)	7	284.62	40.66	5.74**
E (Gross Error)	35	248.12	7.09	
T (Total)	47	538.00		

Table 6 Date and Weather Conditions as Experiments Carried Out.

Experiment No.	1	2	3	4	5	6	7	8
Date(1970)	Feb. 6	Feb. 9	Feb. 25	Feb. 26	Feb. 27	Mar. 2	Mar. 6	Mar. 9
Weather	Fine	Snow	Rain	—	Cloudy	—	Fine	Rain
Time								
1:00 a. m.	1.5°C	1.0°C	8.0°C	7.0°C	7.0°C	4.0°C	0.0°C	7.0°C
5:00 a. m.	1.0	2.0	9.0	5.0	6.0	4.5	3.0	6.5
9:00 a. m.	5.0	1.0	13.5	8.0	9.0	3.0	7.0	10.0
1:00 p. m.	8.0	3.0	15.8	10.5	12.0	7.0	9.0	9.2
5:00 p. m.	8.0	3.5	14.5	11.0	10.0	7.0	7.0	10.0
9:00 p. m.	2.0	2.0	11.0	8.0	9.0	5.5	3.5	8.0

ダイスエルの大きい原料ゴムは、ゴム分を少なくし一定値以下のダイスエルになるよう配合を設定する必要がある。また、ダイスエルの小さい原料ゴムに対してはゴム分の高い配合で目的を達することができる。ただし原料ゴムと配合剤の間に相乗効果のないことが前提である。もし上記のことが守られないと気泡混入、適切なムーニー粘度の設定、加工工程中の局部冷却に対しきわめてこまかい注意をはらっても測定値のバラツキを防ぐことはできない。

押出成形時に口金で受ける押出ゴムのわずかな振動、温度差、可塑性勾配、脈流、微細な異物でも口金部分で膨張する際無視できぬほど拡大されて成形表面に現われる。そのためダイスエルが大きい程、口金で受ける影響が大きく拡張されるので形状安定性にとぼしく、寸法精度を悪くする。CRの中でダイスエルの小さいグレードがたとえ物性的に劣っても好んで押出成形に利用されている理由である。

ダイスエルの原因が分子のからみ合いによって起こる擬似架橋効果 (pseudo-cross linking), ゴム弾性の現われと考えるなら高充填タイプのCRは高分子量であるため分子のからみ合う率が高くダイスエルが大きくなるので配合(II)をそのまま適用してもバラツキが大きく各グレードの固有値は求まらない。

配合 III

CR (高充填タイプ)	100部 (純ゴム分約57%)
MgO	4
老防D	2
ステアリン酸	1
FEFカーボンブラック	30
FTカーボンブラック	15

パラフィン (130°F)	3
ナフテン系オイル	15
ZnO	5
	175

Table 7 Specimen Weight per Unit Length W/L (g/cm) of High Mooney Grade.

Grade Exp. No.	HM-C	HM-E	HM-F	HM-L
	1	1.12	1.02	1.14
2	1.18	0.98	1.16	1.18
3	1.22	1.08	1.13	1.10
4	1.13	1.07	1.10	1.08
5	1.12	1.07	1.07	1.08
6	1.10	1.08	1.14	1.08
7	1.13	1.09	1.11	1.17
8	1.14	1.09	1.13	1.11
9	1.19	1.14	1.16	1.18
10	1.00	1.08	1.18	1.17
11	1.18	1.12	1.20	1.17

配合 II において耐寒グレードの代りに高充填グレードを用い合計11回の押出テストした。そのときのW/Lを Table 7 に示しダイスエル大小の順を Table 8 に集計した。

Table 8 Frequency Distribution of W/L for High-Mooney Grades.

Grade	Class				Total
	smaller	small	large	larger	
HM-C	1	1	3	6	11
HM-E	9	2			11
HM-F		3	5	3	11
HM-L	1	5	3	2	11
Total	11	11	11	11	44

Table 7, Table 8 からわかるように W/L のバラツキは非常に大きく、出現頻度からすると

- HM-C : "larger"
- HM-E : "smaller"
- HM-F : "large"
- HM-L : "small"

となる。ただ HM-E は "smaller" に現われる頻度が $9/11 \approx 82\%$ と高いのに反し他は $5/11 \approx 45\%$ と低くバラツキが大きい。そのため、ゴム分を少なくしてダイスエルの測定すれば精度の高い結果を得るであろう。いまゴム分が配合(Ⅱ)より少ない配合(Ⅲ)で押出テストした結果を Table 9 に示す。

Table 9 Specimen Weight per Unit Length W/L(g/cm) of The High Mooney Grades as Compounded with Lower Rubber Content than in Table 7

Time	Grade			
	HM-C	HM-E	HM-F	HM-L
1	1.22	1.14	1.24	1.18
2	1.23	1.06	1.22	1.16
3	1.23	1.18	1.23	1.23
4	1.19	1.15	1.22	1.17
5	1.22	1.12	1.27	1.15
6	1.23	1.14	1.27	1.19
7	1.28	1.12	1.24	1.22
8	1.25	1.07	1.19	1.11
Av.	1.231	1.122	1.235	1.176

分散分析の結果グレード間に99%有意差が認められた。また1~8回までの繰返し回数に有意差はなかった。Table 8 と同様に各グレードの大小関係を出現頻度で Table 10 にまとめて示す。

Table 10 Frequency Distribution of W/L for High Mooney Grades as Compounded with Lower Rubber Content than in Table 7.

Grade	Class				Total
	smaller	small	large	larger	
HM-C			5	3	8
HM-E	8				8
HM-F			3	5	8
HM-L		8			8
Total	8	8	8	8	32

HM-E "smaller", HM-L "small" の大小関係に全然バラツキはない。HM-C "large", HM-F "large" の間にバラツキによる交錯があるが、各順位に対しそれぞれ $5/8 \approx 62\%$ の頻度で現われている。しかも HM-C/HM-F の W/L 差は Table 9 に示すように平均 $1.231/1.235$ と僅少差であることが加味される。

4. あとがき

ダイスエルの正確に測定するためには、

- (1) 配合ゴムのムーニー粘度が適切であること。
- (2) 押出テストの際、配合ゴムが吸入する気泡に対し適切な措置を講ずること。
- (3) 加工履歴、特に素練り効果について注意すること。
- (4) ダイスエルがある一定値以下になるようにゴム分を調節すること。

などであるが、なかでも(3)は技術的にそれほどやさしいことではないのでこの点について省察しておきたい。

実用的には原料ゴムに一定の素練りを加え、加工工程中に起こる条件差に対して安定したダイスエルとすることは有用なことである。しかし、ここでは原料ゴム、すなわち加工を加えぬままの、固有のダイスエルの正しく求めることを目的とした。

合成ゴムは一般に素練りが効かない。CRのうちイオウ変性タイプはある程度しゃく解効果があるが非イオウ変性タイプにはないというのが通念である。しかし実用性を度外視して厳密に言えば素練り効果はあり、特に低温ほどその効果は大きい。素練りの際、まずポリマー

分子のからみあいがあるほどけ、ついで切断が起こると考えられるが、からみ合いがあるほどけるといふ内部構造の微妙な変化がムーニー粘度にはひびがなくともダイスエルには鋭敏に応答される。

ダイスエルのバラツキを最少限に喰い止めるためには分子のからみ合いのほどけを含め素練り効果を最少限に喰い止めることである。そのためには加工温度を60～75°Cに保つことが大切である。これはまた寸法精度の高い、形状安定性の高い押出製品を得るための“奥儀”でもある。以下手順を追ってその概略を述べよう。所定温度60～70°Cに保たれているバンバリーに原料ゴムを投入するが、この原料ゴムは恒温槽で70°C、15分程度解晶して投入するのが好ましい。混練り中ゲル化が起きてはならないが、相変態点(約73°C)以上に昇温しても必ずしも気にする必要はない。それよりも局部的な過冷却がないよう注意すべきである。バンバリーより排出した練りゴムはすぐにロールで仕上げ練りするが、この場合は60～73°Cの範囲を厳密に守る必要がある。相変態点以上の温度で仕上げ練りすると、カーボンの分散不良を起こし、ダイスエルのバラツキを大きくするので絶対に避けるべきである。

ロールからリボン状に切り出した練りゴムをコールドフィード、ホットフィードするなどと呼ぶのはいまや意味がない。夏冬を通してたとえば35°Cの恒温槽で状態調節してフィード温度を一定にすべきである。押出機各部の温度設定はASTM規格を厳守すべきである。ただ

ASTMはスクリー表面温度を40°Cと規定しているがスクリー表面温度を測定する方法は一般にない。スクリーを水冷方式にしないと過熱が問題になる。スクリーの冷却方法、特に水量、水温は著しくダイスエルに影響するので注意を要す。最少限冷却水パイプのバルブを半開、または1回転開きという具合に規定して行う必要がある。これだけ加工中の温度条件に注意を払ってもなお実験日時が異なると、ダイスエルのバラツキが認められる。このようなバラツキは時々刻々に変わる気温、冷却水の温度、周辺の使用状況その他で変わる水圧、そのため規定したバルブの開き方によっても水量が変わるなどが起因するためであろう。確かに冬期よりも気温、水温の高い夏期の方がダイスエルのバラツキは少なく、測定が容易である。

このようなバラツキを防ぐためには冷却水を年中一定温度に保ち、かつ所定量供給できる自動装置を備えバンバリー、ロール、押出機が恒温で作業できるようにする必要があろう。またこれらの加工機、混練り機、押出機は年中を通して気温の差があまりない場所に設置する必要があろう。さらに各機器の冷却部の熱伝導度が錆、水垢などによって変わってゆくことまで考慮する必要もあろう。

最後に本実験を行うに当たり協力された原田幸彦、岸昭雄、長嶺登、大腰島之助、津川富士生、島津健治、浜本孝の諸君に感謝する。