

斬新なる硬度測定法(二)

Automobile Engineer Vol. VIII. no. 120

T O 生

數年以前記者の一人は、高溫度に於ける金屬の硬度測定法を選定する要を認めたりしか、之か爲には結局如何なる方法を採用するを問はず、其の測定法たるや普通の室溫度に於て同一の測定を爲すに當り採用する既定方法の一と定量的に比較し得られ、且攝氏九〇〇度華氏一、六五二度の如き高溫度に達することあるも能く良好の結果を與ふる方法を選定せざるへからすと思惟せり。今之か理由を詳説するは無要に似たりと雖、是等の條件を定めたる所以は試験片を壓する硬球に若干時間一定の荷重を支持せしむるブリネル式の硬度測定法に依りては、實に信憑するに足るべきデーターを求むること到底望み得へきにあらず、加之シオーア式のスクレロスコープに在りても亦満足に此の種類に屬する試験に適合せされはなり、茲に所要の硬度測定法に關しブリネル式の不適當なる點を擧げんに其の主たるものは次の如し。

- (1) 種々硬度異なる金屬と比較對照し得へき結果を求め、或は一定金屬に對し溫度を異にし之か硬度を知らんか爲には、幾時間荷重を加ふべきものなるやを確むるに頗る困難なり。
- (2) 各異りたる硬度を保つ材料に在りても、時に或は同一の符號を附することあるか故に明細に是等の硬度數を知らんか爲に、當然採用すべき最小荷重を決定する準備方法を缺く。
- (3) 比較的高溫度に於ては硬球其ものゝ軟過する虞あり、然るときは自然得たる結果は何等の價値なきを證明するなり。

然るに是等の難問も撃突裝置を備ふれば解決し得らることを考へしか、之に據ればエネルギーの

既知量はハンマーに分與せられ従つて打撃は供試片上に在る一〇耗の健焯球に傳はり、次に普通の方法に依り爲に生せる壓痕の徑を測るときは其の材料の硬度を測定するを得へし。故に之か爲には別に新らしき試験機を設け廣き範圍に渉る金屬に就て靜止法に依りて求めたる各自の硬度に對し普通の室溫度に於て測定せる結果との比較に便ならしむる爲、機には目盛を施さるへからず。

然るに前記の測定法を比較對照するのみにては眞に困難の生ずるを豫知せざるのみならず、亦實際に當りても何等の故障に遭逢せざりしと雖、未だ實驗の進捗せざる時に當り、此の研究は動學試験の下に諸金屬の硬度を深く調査するものなるを以て、當然大に浩瀚の範圍に及ふことを知りしか、既に實驗を施せしもの極めて多數を算し、而も本問に關し他専門家の有益なる所論は未だ一として完全に解説せられず、且我等の得たる結果は直に之か發表を可なりとする程度に重要なものたるを以て、成績發表の任務を盡すと同時に、硬度測定には撃突試験を應用するの有利なることを一般に聞知せしめ、世人の注意を喚起する必要ありと信し本誌に其の經過を公にする所以なり。

吾人は、此の新法に依り、硬度を測定するに際し、嘗て氏の方法に則りたるものにして未だ何人も浴せざりし大利益を得たり、即ち此の測定は、他の剛體に依り金屬の侵徹せらるるに當り爲に生ずる抵抗を測る絶對的標準として採用し得ることなり。而も獨り之のみならず新試験法は悉くブリネル式の長所を併有し且極めて操縦し易く、毫も費用を要せざる一種の裝置を備ふれば、亦スクレロスコープの用をも爲すことを得せしむ。

シオーア氏のスクレロスコープも撃突原理を基礎とし、又他の研究家も之を應用せしものあるを以て、吾人は敢て斬新の著想なりと自負するにあらず。ブリネル氏は其の著書に二、三の撃突硬度試験を引用し次の結論を下せり、曰く「試験片の寸度大なる場合には到底試験機に之を裝する能はされは靜止壓力を漸次鋼球に加ふるを可とす、然れとも前記の場合には、必しも試験片に對し動力壓を加へ、

球の壓痕を印すること難きにあらず」と氏は更に撃突球試験と在來の靜止球試験との關係を定むる目的を以て次の要領に據り實驗を行へり、先づ三、〇〇〇庇の靜止荷重を加へて普通の球試験を施して壓痕の徑を測定し、第二に再三試験の後徑一〇耗の球にて印したると同一の壓痕を生ずるか如く、五庇の重量體を落下せしむる高さを測りて之を四五〇耗と定め、炭素〇・一〇%を含む鐵に對して試験を施し、三、〇〇〇庇の靜止荷重を漸次に之を加ふる時、之に相當する撃突エネルギーは約二二五耗に達すること知りたり。此の關係は何人も含炭量異なる他の鐵に對し亦適用し得へしと豫期するならんも、實驗上は不可能なることを示せり、之に反し金屬の硬質なるに従ひ漸次に荷重を加へ測定せる硬度と、撃突試験に依り測定したるものとの差は益々大なるか如し。如斯き差あるは撃突試験に依り求めたる硬度數は靜止試験より高きか爲なり」と云へり。是に據ればブリネル氏は撃突試験に相當する硬度數を得んか爲、四五〇耗の高さより重量五庇の球を落下せしめたる結果は、三、〇〇〇庇の荷重を漸次加ふるに等しと推定し、何れの場合に於ても同一方法に依り硬度を測定せしなるへし、果して然らば二方法に依りて得たる硬度數の一致せざるは當然にして之れ大に撃突試験の應用上障礙となるへきは論を俟たず。

ゼ、オー、ルース氏は本問題に就き、數學上の原理に據りて研究し次の結論を下せり、曰く異りたる金屬に對し兩試験法を施すに當り、若し撃突エネルギー Q と壓力 P とは同一なりとせば、次の式を解せんとするは、何人も希望する所たるへし。

$$\frac{H^2}{H} = \text{Constant. } H_s = \text{撃突硬度 } H = \text{ブリネル硬度}$$

同氏は此の見解を以て含炭量〇・一%乃至一・〇%に涉る範圍の炭素鋼に對して硬度を測定し、依て得たるデータを上述の式にて處理せしに、常數は炭素含有量の増加に伴ひ變ずることを示せり、即ち炭素〇・一〇乃至〇・二〇%のものは一一〇—一一二にして、炭素〇・三〇乃至〇・六〇%のものは一一

五——一八なり、又〇・六〇％以上に及へば常數の變化不規則にして一一三——一三五の間に位すといへり。然れども是等常數の變化頗る大なるを以て、到底未知の金屬及甚たしく硬度の異りたるものに對し、弘く此の擊突試驗法の應用を許す能はざるのみならず、ブリネル法の如き論據の確實なる方法に據り生じたる凹痕と轉換せんには、尙根底の強き手段を採るにあらざれば之か利用の望極めて薄弱なりとす。

試験装置

試験装置に關し、記者の一人は提出されたる他の研究に著手する前、即ち本實驗の最終に之か詳細を記述せんことを希望するか故に、茲には先づ其の梗概を示さんに、吾人の最初に使用せし装置は大體理學士グラード氏の設計したる機械中に實現せるものにして、機械的構造に依り自由に解放せられ、三吋の高さより供試片上に落下し得る正味の重量二一封度の鋼製塊團より成り、試験片を重き鋼製臺に鞏固に緊締し、實驗を爲さんとする場合には注意して之か全装置を重く巨大なる鋼製の分畫臺に載するときは、落下錘の爲に生じたる打撃エネルギーは、其の錘に固定する健淬鋼球(徑一〇耗)を経て試験片に分與せらるゝ式に屬す、此の擊突エネルギーは終始不變にして六三吋／封度とす。第一表は一〇種の試験片に就き測定せる結果にして、荷重を異にしブリネル法に依り得たるデータをも併せ示したり。而して是等の數字を羅列したるのみにては、兩試験法間に若干判然たる關係あることを示さざるに似たりと雖、金屬の硬度増加するに従ひ凹痕の大きさに對する差益々小なるを示せり。前述したるルース氏の學理に據るに、 H の比は必ず不變なりと唱ふるも、第二表の三項に現はる如く此の理は大に正確なりと云ふを得ず、依て斯の如く比例に著しき不同ある所以は、恐らくルース氏は計算を爲すに當り、擊突の一定エネルギーと共に試験片に吸収せらる、エネルギーの量は硬度の異なる金屬に在りても同一なるへしと推定せしか爲なるへし、然れども後章に述ふる如く吸収せらる、エ

82 ネルギーの量は金屬に因り各異なるなり。

第一表

試験片の種類	撃突試験			痕の徑					
	(1)	(2)	(3)	重荷 500 庇	重荷 1000 庇	重荷 1500 庇	重荷 2000 庇	重荷 2500 庇	重荷 3000 庇
アルミニウム	六三五	六三五	—	五五五	七二七	八五〇	—	—	—
銅	四四八	四六〇	四五五	二八二	三八五	四七〇	五三八	六〇一	六五〇
デユラリウミン	四〇三	四一〇	四一〇	二四二	三二五	三八九	四四〇	四九〇	五三〇
軟鋼	三九三	三九一	三九〇	二四〇	三二〇	三八一	四三六	四八〇	五四〇
空氣健淬したるニツケルクローム	三三〇	三三〇	三三〇	一九〇	二五〇	三〇〇	三四〇	三七〇	四〇八
軟過したる高速度工 具用鋼	三三五	三三〇	三三三	二〇〇	二五三	三〇〇	三四〇	三八二	四一〇
瓣製造用鋼	三二六	三三〇	三三〇	一八〇	二四〇	二八二	三三〇	三三三	三八五
中等炭素鋼	三一〇	三二二	三二四	一七一	二三〇	二七二	三二二	三四五	三七二
油健淬したるニツケ ルクローム	二六〇	二六〇	二六〇	一五五	一九〇	二二〇	二四五	二七二	二九〇
健淬したる高速度工 具用鋼	二三〇	二三五	二三五	—	—	二〇〇	二二〇	二三六	二五〇

第二表

材料	撃突 H _s	プリネル H	H _s ² /H
銅	一七四	八一	三七三・八
デユラリウミン	二一七	一二四	三七九・九
軟鋼	二四一	一二五	四六四・六
空氣健淬したるニツケルクローム	三四〇	一二三	五四二・七

鋼軟過したる 高速度
工用具鋼

辨 製 造 用 鋼

中 等 炭 素 鋼

空 氣 健 淬 したる ニツ
ケル クローム

鋼 健 淬 したる 高速度
工用具鋼

三四〇

二〇六

五六一・〇

三六四

二四五

五四〇・八

三七七

二六〇

五四六・六

五五五

四二二

七二九・〇

七〇〇

六〇〇

八六一・六

ブリネル法に依り標準荷重を加へて生ずる凹痕と、撃突に依り得たる相當數値とを線圖に作成するは、兩試驗法を比較對照する利便にして且良好なる方法なり。第一圖には之を示せり、是に據るに各點は悉く密集して殆ど直線狀を成し、一法に依りて刻したる凹痕と他法の爲に生したるものとは多少判然たる關係を保つことを識るなり。而も此の事實は第二圖に示す線圖を検すれば益々明瞭なるへし、第二圖は三、〇〇〇砵迄の荷重を加へて得たる最大ブリネル硬度數と、六三吋 / 封度の撃突に依りて形成せし壓痕の徑とを一圖に網羅したるものにして、此曲線に對する方程式は $H = \frac{7582}{d^2}$ とす、式中 H は三、〇〇〇砵を超へざる壓力を加へて得たる最大ブリネル硬度數にして、d は撃突壓痕の徑なり。是を以て少くとも上記の實驗に於て力說せし狀態の範圍内にて撃突法を採用し、若し漸次に荷重を加ふる方法の下に試験するものとせば、同一金屬に對し當然得らるべき硬度數を精確に計算するは全く容易の業なり。

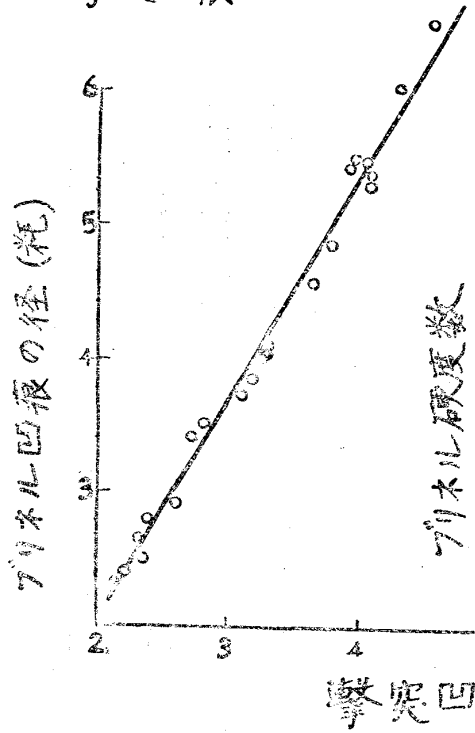
然れとも此の研究程度に在りては、次の如き疑問の生ずるは自然なりと謂はざるを得ず。

- (1) 上記の方程式は加ふる所の撃突エネルギーを種々變更する場合にも應用し得るや。
- (2) 凹痕の徑は全く撃突エネルギーにのみ支配せられ、落下する錘の速度は、之に關係せざるや。
- (3) 導子と錘との摩擦量は、球の金屬に侵徹する限界に著しく影響を及ぼさざるや。
- (4) 此の試験法は果してブリネル及シオーア兩氏の創見したる方法に據り、以上に信賴するに足る

へき精確なる硬度の計算を與ふものなりや。

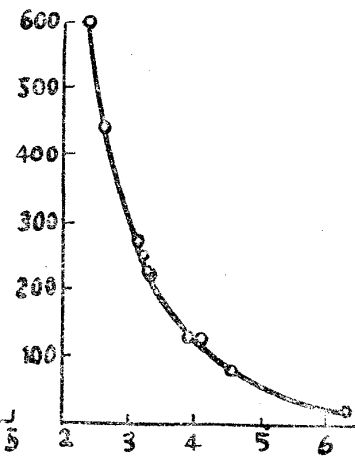
第一圖

3,000 磅の荷重にて生したる
ブリネル凹痕と 63 度の
撃突凹痕



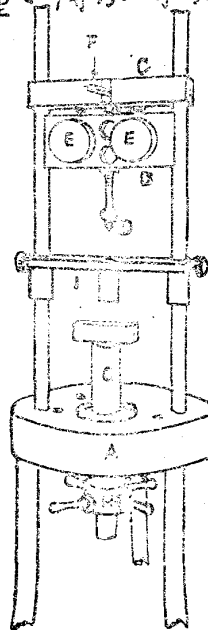
第二圖

ブリネル硬度数と 63 度の
撃突にて生したる凹痕の径



第三圖

供試片上に 10 毫の健淬
球を経てエネルギーの一
定量と傳ふる撃突装置



今是等の諸問に答ふるに先ち、ブリネル氏の硬度試験機並シオーア氏のスクレロスコープに就き、
之か固有の缺點中其の最なるものを極めて簡単に指摘せんとす。

漸次に荷重を加ふる法

試験片上に荷重の保留しある間は、依て生ずる所の硬度數に著しき影響あるは著名の事實にして、

既に之に關しエヌ、トーマス氏は一九一六年刊行の鐵鋼協會雜誌に於て甚だ明晰に説明したるに拘らず、此の時間係數たるや假令硬度はブリネル法の約四〇〇以上に達すれば、恐らく其の影響頗る小なるへしと雖、硬度の異なる金屬に對しては如何に之か變化を呈するや明かならず。而も此の缺點は或程度迄無効ならしめ得るも、幾多の實驗に徴するに一定時間荷重を保留したるとき、之を除去し得ざるは理の當然なり。

硬度數は平方耗にて表はす凹痕の球面積を荷重にて除し依て得たる數なるか故に、比較の用に供する爲には三、〇〇〇庇の標準荷重を採用するも差支なしとす、之か爲依りて生する所の變形度は、試驗に供する金屬の如何に因り大に異なる結果を生するは自然なり、去れば金屬異なるか或は同種にして其の狀態を異にする金屬に在りては、冷間變形に依り同一限度に壓痕を生することなく、從て此の手法に依り得たる數値は全然互に比較し得るものならず。而して標準荷重の下に是等の作業を行ふは實際幾多の困難の伴ふものにして、第三表に示す荷重を異にし測定したる硬度數を検するときは、其の虚偽ならざるを認むへし。故に此のブリネル試験法にして果して完全ならんには、如何なる荷重を加ふるに關せず、必ず同一の成績を示すへきなり。第三表に示せる數字は第一表の壓痕に基き計算したり。

第三表

試験片の種類

重荷 三〇〇庇 重荷 二、〇〇〇庇 重荷 一、五〇〇庇 重荷 二、〇〇〇庇 重荷 二、五〇〇庇 重荷 三、〇〇〇庇

ブリネル硬度數

アルミニウム

一九

二〇

一七

—

—

—

銅

七九

八三

八二

八一

八〇

八〇

デュラリウミン

一〇八

一二五

一二一

一二五

一二四

一二六

抜萃 斬新なる硬度測定法

四七七

軟鋼

空氣健淬したるニッケル、クロム鋼

軟過したる高速度工具用鋼

瓣製造用鋼

中等炭素鋼

油健淬したるニッケル、トウクロム鋼

油健淬したる高速度工具用鋼

一〇九 一一一 一二七 一三八 一三〇 一二一

一七五 二〇〇 二〇七 二二四 二三四 二三一

一五七 一九八 二〇七 二二四 二二一 二二七

一九四 三一八 二三一 二四二 二四四 二四八

二一九 二三八 二五六 二五七 二五九 二六八

二六四 三五〇 三九〇 四一八 四二七 四四四

— — — 四七二 五七〇 五四八 六〇〇

要するに是等の矛盾を簡言するときには次の如し、即ち金屬の硬度増すに従ひ其の硬度數は當然上騰すへきか故に、標準最大數値に達せしむる爲荷重を加へざるへからず、換言すればブリネル法に在りては、硬度の増加に伴ひ反て金屬の眞實なる硬度より若干低き度量を與ふる傾向あり、之れ既に二五〇以上のブリネル數を保つ試験片に明白に現はれ、四〇〇以上に達すれば特に著し。此の現象より察するに、軟金屬に對する硬度數と、若し其の荷重を同一にし硬金屬を測定したるときは、爲に得たる其の數値とは全く比較し得られざるのみならず、健淬したる工具用鋼の如き著しき硬性物に對して、眞の數値を求めんには幾何の荷重を加へて可なりや到底之を明言し能はざるへし、故に恐らく漸次荷重を加へて硬度を測定する良法には、必ず變形の標準度を生せしめ、且荷重は之か換置の量を明細に示す毎に、硬度を現はさしむるに如かさるなり。

シオリア氏のスクレロスコープ

迅速に普通行ふ試験に對し反跳理論を應用する見地より察するも、此の試験器に故障の伴隨するは到底避くること能はざるへし、故障とは他なし、ハンマーは一定の高さより落下するか故に、撃突エネルギーは供試片の硬度如何に關せず常に同一なるに在り、故に必ず試験材料の異なるに従ひ、撃突に

依り生ずる凹に全く著しき差あるか如き大なる故障を招くへし。今之を皮相上より考ふれば敢て故障と稱すへき程度のものにあらざるやの觀ありと雖、少しく熟慮するときは其の言の謬ならざるを知る。元來スクレロスコープ創製の原理は凹痕を印したる後、ハンマー反跳の高さは供試物の有する硬度の準度なりてふ想意に基き、此の論據は或範圍迄眞なりと信すへき相當の理由ありと雖、各場合に生ずる變形量を精確に同一ならしむる如く、撃突エネルギーを調整したるときのみ、反跳の高さは不同なる材料の硬度を指示するものと見做すことを忘るへからず。此の事たる次に述ふる如き状態に調整すとせば敢て想像し得られざるに非らず、即ち各場合に同一の重量を支持せしめ、且試験材料の異なるに拘らず、同一區域にハンマーを落下せしむるか爲其の高さを變更すれば、依て示す所の硬度は所謂落高の百分の一に相當する反跳を示すなり。又現在の試験装置の儘スクレロスコープを用ひ凹痕を測定し得る他の方法は、若し之か數字的關係既に知られあらば、撃突エネルギーを計算するに在りと雖、之には一定の標準と成るへき凹痕を供せざるへからず。

試験装置の改良

初めて構造したる試験装置を用ひ既述せし如く施せる實驗を終了したる後に到り、撃突測定法の利害に就き充分研究を遂げんか爲には、初期の装置再製の要あることを決定せしか、豫備試験を行ふに當り得たる經驗に基き、最も單簡に操縦せらると同時に供試片の水平面に殆ど所要の撃突エネルギーを與ふるに足るへき完全の装置を得んことを期したり。而して之か改良案を提出せしは、グラード氏にして、其の實現したる装置は第三圖に示すか如し。本装置は三本の脚を螺著せる重きA臺より成り、臺の上方には二本の垂直なる鋼製桿を樹立し、之を以て重量體Bの導子たる用を爲さしめ、又重量體は兩桿の間を自由に滑走し得る如く、ビーム即ち横材Cは重量體を支持し、且之か落下の高さを調整する作用を爲すなり。而して此のビームは導子を上下に滑走し得るものにして、其の位置は導子

の内側に正しく一時毎に設けたるグルーヴに裝する發條式ソケット内に藏する二箇の球に依りて精密に調整せらるるなり。ビームを最高位置に保ちDに固著したる球の下端より供試片の上面迄を測るに、重量體落下の距離は二吋とす、第三圖に示すか如く重量體は正味三五封度にして、デュラリウミン製なるE Eの二圓壙を除けば重量は一七五封度とす若しデュラリウミンに換ふるに二箇の鋼製圓壙を以てせば、全重量は七封度に達すへし、而も斯の如き單純の設備に依り尙克く一七五乃至一四七吋／封度の間に位する撃突エネルギーの度を調整することを得るなり。重量體を其の懸吊位置より下行せしむるには、Fなるハンドルを押壓すれば可なり。摩擦量を最少限度にし完全に重量體の下行に支障なからしむるには、常に注意を加へワセリンを塗布し置かざるへからず。摩擦は試験成績に影響すること極めて輕微なるを以て顧慮するに足らざるは、同一の撃突エネルギーを加ふるものとし、高さを異にして重量體を落下せしむるに、實際同一の凹痕を現はすに依りて既に明かなり、例令は三五封度の重量體を二〇吋の高さより落下せしむるも、七封度のものを一〇吋の高さより落下せしむるも、其の結果同一なればなり。

是に據り重量體落下の高さ即ち落下の精確なる距離はグルーヴの一定位置は於て測定するか故に、若し厚さの異なるものを試験する場合には、更に他の方法に依り之を調整せざるへからず、詳言するに試験片の載臺たるダンミーGの高さを螺子Hの作用にて加減するに在り、試験片をダンミーに載するには決して緩漫に取扱ふを許さず、之れ斯の如きはエネルギーの消散を招く憂ありとす、之か爲にはIなる保持具を導子に沿ひて下行せしめ、其の作用に依りて試験片を強く下方に壓して左右兩側の螺子を緊締し、次て上方より重量體を落下せしむるときは其の下端に定著するストライカーは自由に保持具の孔中を通過して試験片を打撃すへし、而して實驗に著手する場合には厚く混凝土にて固めたる床面を以、必ず裝置の位置如何を檢し導子を全く垂直に保たざるへからず。

反跳より生ずる第二回撃突の効果

撃突後ハンマーの著しく反跳するは、供試金属の如何及ハンマーの落下する本來の高さとに關係すると共に、十中の八九迄はハンマーの反跳するに當り之を捕捉し、試験片の二回撃打せらるるを妨ぐること比較的容易の問題なりと雖、多く實例に徴するに到底實行し難きに似たり、就中第二回の撃突を妨げ難きは、重量體のイニシャル、ハイト約六吋以下に在るとき特に著し。

依て之に鑑み多數の實驗を行ひ多少の影響ありとせば、第二回の撃突は凹痕の徑に如何なる効果を及ぼすやを調査せしに、若し第二回の撃突に際し、第一回に形成せし凹痕上に球の落下したるときは、其の徑の如何を問はず何等の影響を及ぼすことなきを知れり。然るに第二回の打撃にして第一回と同一位置に落下せされは、第一回に生ぜし凹痕の一方に偏し、著しく之より小なる壓痕を印すと雖、此の歪みは所要の凹痕を精細に測定するには大なる關係を及すなきを確めたり。(未完)

ア・ロ兩州の富源

獨逸は一八七一年アルサス・ローレン州を獲得せし以來、此二州内の鐵道布設の爲め八億マール以上を費せり。兩州の富源に至りては實に無盡藏にして、鐵鑛の如きブリエ地方のみにて二千百萬噸を出せり。之に佛蘭西の他の産出額を加算せば其年産額四千三百萬噸に達し佛蘭西は一躍して世界第二の鐵鑛産出國たるへし。又ローレン州の石炭産出額は年四百萬噸の供給能力を有し、ザレー地方の産出のみにても、ブリエの鐵鑛を處理するに足ると云ふ。又ムルハウゼンの西北部にはポタシユームの豊富なる埋藏あり、其總量二十億噸に達し、純粹ポタシユーム三萬噸を含有すと云ふ。石油は獨逸人に依り年産額約五萬噸を採取せられつゝありき。製鐵鋼業又た充分なる發達を遂げ殆んど同地方産出の鐵鑛を吸收するに足らんとす。戰前に於て同地方は銑鐵三百八十七萬噸、鋼鐵二百二十八萬噸を製出せり。又アルサスは有名なる綿工業地にして錘數二百萬に達せり。右の外農産物も亦豊富なり。一九一三年には馬鈴薯千二百五十萬キントナル、小麥二百三十八萬キントナル、ライ、オート、大麥四百五十萬キントナルを産し、一九一〇年には葡萄十八萬ヘクトリツトルを産出したり。ホップは獨逸全産額の六分一を産す。畜産としては、一九一三年に馬十三萬七千頭牛五十二萬五千頭羊四萬六千頭豚四十三萬頭を有したりき。