

材料力学の初歩的概念に関する学習内容の確立 (I)

Studying about the Teaching Content for Primary Principles of Strength of Materials (I)

亀山 寛
Hiroshi KAMEYAMA

(昭和56年10月12日受理)

1. はじめに

現実の技術教育において、あらかじめ題材が設定され、この大題材に従って、教育内容が決められてしまうプロジェクト学習が支配的である。例えば、木材加工では本立、椅子、金属加工ではちりとり、ドライバー、機械では自動車、4サイクルエンジン、電気では電熱器、インタホン等の大きな学習題材が決められていて、それらの製作、整備、点検を通して、木材加工、金属加工、機械、電気等の技術学的知識、技能が教授されることになっている。この中で製作技能が過大に重視されているので、技術学的知識は製作過程で、必要な時のみに教授される¹⁾。しかしながら、授業時間のほとんどが大題材の製作、点検に費やされるプロジェクト学習においては、教育内容は教えるプロジェクト題材によって決まってしまう。木材加工学習が本立や椅子製作学習に、金属加工学習がちりとりやドライバー製作学習に、機械学習が自転車や4サイクルエンジンの整備・点検学習に、電気学習が電熱器やインタホンの点検・製作学習に至少化される可能性がある。また、これらの製作、点検題材を消化するプロジェクト学習では、技術学的知識の教授について云えば、簡単なものから難かしいものへという教授学上の一大原則を配慮してゆく事が、極めて困難になる²⁾。何故ならば、プロジェクト学習においては、技術学的知識の順序性より、製作過程の順序性が優先されるからである。生徒は非常に重要な技術学的知識や原理を学んだとしても、既習知識がほとんどない状態でいきなり難かしい技術学的内容を学習する事になる。生徒は納得する事なしに結果を鵜呑みにすることになり、必要以上に難かしいという印象をもつ。教師は技術学的内容の重要性を認めつつも、現実の大題材の製作過程(プロジェクト学習)において、生徒に理解させる事の困難に出会い、教授を断念する。

単なる製作主義、やり方主義、ものづくり主義を排して出発したはずの技術科教育³⁾が、その教育内容から、技術学的内容を剥離させたため、技術科教育の研究というものは、単なるプロジェクト題材の開発や、プロジェクトの効果的指導方法の研究に置き代わる。そして、中学校生徒の認識の順序性に従い、技術学の系統を踏まえた教育内容を模索する研究はほとんどなされていないか、あるいは無視されているかが、現実の技術科教育界の現状と云えよう。単なる製作主義、単なるプロジェクト題材消化主義だけでは、技術科という教科の存在価値を小さくし、独自性を弱める事になると考える。

以上みてきたように、中学校生徒の認識の順序性に従った、また、技術学の系統性を踏まえた教育内容を明らかにしてゆく事こそ、現在の技術科教育に課せられている最重要課題であると理解されるであろう^{4),5)}。このような視点に立脚して、本論文とそれに続く論文では、技術学

の中でも材料力学的内容に焦点を絞り、材料力学の初歩的概念の学習内容を確立することをめざす。

材料力学の初歩的概念に関する学習内容の確立を研究対象としてとりあげた背景は述べてきたが、直接的な理由は次の様である。

1) 材料力学の初歩的概念は技術の基礎である。

木材加工、金属加工、機械等の各領域で、材料の性質、強さ、構造、加工法等における基礎として、材料力学の初歩的概念の学習が必要である。材料力学の初歩的概念は理科で教えるものだと思っている技術科教育関係者が居るが、元来、技術科で教えられるべきものである。材料力学は科学の体系に入らなくて、むしろ、技術学の範ちゅうに属するものと云える。

2) 技術科教科書において、材料力学の初歩的概念の記述が極めて不十分である。

技術の基礎として材料力学の初歩的概念の学習が重要であると述べたが、技術科教科書において、木材加工、金属加工、機械の各領域で材料力学的事項が部分的に触れられている。ところが、はりの曲げの強さは、はりの厚さの2乗に比例するというような事がいきなり載せられている⁶⁾が、荷重の種類、変形の種類、応力、歪、フックの法則等の材料力学の初歩的の事項が全く記載されていないか、記載されていても、断片的であったり、系統性が全くなかったりして、不十分である。この点からも、系統的な材料力学の初歩的概念に関する学習内容の確立が望まれる。

本研究において、順序性と系統性を具備した材料力学の初歩的概念に関する学習内容を明らかにする立場から、かつての中学校理科教科書にすぐれて技術的な材料力学的教材が掲載されていた事に注目し、これら进行分析・研究対象とする。本論文と次の論文では中学校理科教科書と中学校理科指導要領を対象として、材料力学的内容が何時の時期において、どの程度記載されていたかの全貌をまず明らかにする。これらの分析の過程で、順序性と系統性を備えた材料力学の初歩的概念に関する学習内容を模索してゆく。順序性と系統性を備えた材料力学の初歩的概念の学習内容を確立するためには、かつての中学校理科教科書の材料力学的教材を分析する事が、最初に通らなければならない必要条件であると考えからである。続いて、技術・家庭科指導要領と教科書における材料力学的教材の分析を行ないたい。最後の論文で、中学校生徒の認識の順序性に従い、かつ、材料力学の系統に沿った、材料力学の初歩的概念の学習内容を提示するであろう。

本論文では最初に戦後の中学校理科学習指導要領における材料力学的事項の分析を行なう。次に昭和25年以後の中学校理科教科書における、材料力学の初歩的概念、及び、それらの用語の掲載状況を明らかにする。このうち、材料力学における最っとも基本的概念用語である「荷重」、「応力」、「変形」、「歪」について掘り下げて検討を行なう。

2. 中学校理科学習指導要領における材料力学の取り扱い

現実の教科書は学習指導要領に準じて書かれている。教科書の分析に入る前に学習指導要領での材料力学的事項の記載はどのようなものであったかを押えておく事が必要である。同時に本章で、かつての中学校理科学習指導要領において、材料力学的事項の記載があった事を実証したい。

戦後教育はほぼ10年を周期として、生活单元時代、系統学習時代、現代化時代、人間化時代

（仮名称）と変遷してきた。中学校学習指導要領に限れば、昭和22年、昭和26年、昭和33年、昭和44年、昭和53年と5度の変遷をみてきた。以下時代別毎に学習指導要領における材料力学の事項を分析してみよう。

〔生活単元時代〕

昭和22年度学習指導要領⁷⁾

下記の2単元が材料力学に関連する箇所である。

第八学年 単元六．家はどのようにしてできるか。

第九学年 単元二．機械を使うと仕事はどんなにはかどるか。

昭和22年度学習指導要領に対応する教科書が手元に入らなかったため、詳しい分析は省く。

昭和26年度学習指導要領⁸⁾

18の単元、99の副単元、353の副々単元の記述形態となっている。18の単元のうち、材料力学の事項が載せられているのは、第2学年「日常の科学」における、

単元Ⅲ．家を健康によく安全で便利なものにするにはどうしたらよいか。

単元Ⅵ．機械や道具を使うと仕事はどのようににはかどるか。

の2単元である。この2つの単元において、副単元、副々単元での材料力学の事項をひろってみよう。

単元Ⅲ．家を健康によく安全で便利なものにするにはどうしたらよいか。

副単元2．健康によくじょうぶな家を建てるには、どんな材料を用いたらよいか。

副々単元(1) 屋根にはどんな材料を用いたらよいか。

〃 (2) 壁やしきりにどんな材料を用いたらよいか。

〃 (3) 床や天井にはどんな材料を用いたらよいか。

〃 (4) 柱や土台にはどんな材料を用いたらよいか。

〃 (5) かきねやへいを健康的でじょうぶにつくるにはどうしたらよいか。

単元Ⅵ．機械や道具を使うと仕事はどのようににはかどるか。

副単元1．われわれはなぜ道具や機械を使うか。

〃 2．簡単な道具にはどんなものがあるか。それはどんな原理ではたらくか。

〃 3．家庭ではどんな機械や道具を使うか。また、それらはどんな原理ではたらくか。

〃 4．工業や農業にはどんな機械や道具を使うか。また、それらはどんな原理ではたらくか。

〃 5．機械や道具を使うと労力がどのように省けるか。また、機械や道具の使い方をどのように改善したらよいか。

これが中学校理科指導要領の内容であるかと疑問の念を生じさせる程、生活単元的である。単元、副単元、副々単元の中に「応力」、「ひずみ」は用いられておらず、副々単元(4)の説明に「圧力・張力」の語のみがある事を指摘しておく。

〔系統学習時代〕

昭和33年度学習指導要領⁹⁾

前の時代における生活の中での力学的現象の学習から、文字通り力学の学習に転換され、理科教育の立場からみれば改善されたと云える。しかし、いまだ生活単元的教育内容が残存し、技術学の範ちゅうに属する内容が理科における学習事項として記述されている。この中で材料

力学的事項は次の通りである。

第二学年 A 第一分野

- (2) 力と仕事における基本的な性質、および動力を伝える方法、物が力によって変形することなどを指導する。

上記単元の中項目ア、カのつりあい、イ、力のモーメント、ウ、仕事、エ、動力の伝達、オ、材料の強さの中で直接的に材料力学的事項に関連する箇所は、オ、材料の強さである。小項目まで示すと次のようである。

オ、材料の強さ

(ア) 物の変形

- a 物の弾性変形、そ性変形および破壊について知る。
- b 物の弾性変形についてフックの法則がなりたつことを確かめる。

(イ) じょうぶな組合せ

- a 棒の形と強さの関係を調べる。
- b 棒を三角形に組み合わせると、じょうぶであることを調べる。

内容的には全く材料力学に属する事項が載せられていた事がわかる。

[現代化時代]

昭和44年度学習指導要領¹⁰⁾

生活単元的内容が払拭され、文字通り力学学習となった。エネルギー概念の学習が強調され、材料力学的事項は見当らなくなった。昭和33年度版にあった、「オ、材料の強さ」の項目が全く削られてしまった事の指摘¹¹⁾は原正敏氏からもなされている。

[人間化時代]

昭和53年度学習指導要領¹²⁾

材料力学的事項は見当らない。

3. 中学校理科教科書における材料力学の取り扱い

分析対象として用いた中学校理科教科書は23種類であった。使用した教科書の一覧と使用年度とをまとめて表1に示した。昭和25年から現在まで、使用年度が切れないように、それも各年2種類以上の教科書が重なるように(昭和41年～43年の3年間だけは1種類)選定した。これらの選定理由は、昭和25年以後の中学校理科教科書における材料力学の取り扱いの全貌を明らかにするためと、同時にそれらの内容の変遷に関する分析結果に信頼性をもたせる事にある。時代区分を簡単明瞭化するために、生活単元、系統学習、現代化、人間化の各々の時代をA、B、C、D時代と記号化した。また、学習指導要領の移行期は新旧2つの時代の影響が考えられて、過渡期とみなされるので、AB、BC、CD時代として表現した。分析対象として使用した教科書の時代分類は、A(時代)が6種類、ABが3種類、Bが4種類、BCが2種類、Cが4種類、CDが2種類、Dが2種類である。出版社種類数で云えば、9社の教科書を用いた。出版社の名称に関しては、簡単のために通常慣用的に用いられている略称(例えば東京書籍株式会社を東書と呼ぶ。)を用いた。本テーマ研究論文で用いる教科書の略称の意味は次のようになる。例えば、A-日書27はA時代(生活単元時代)に属し、日本書籍株式会社より発行され、昭和27年度から使用され始めた教科書を示している。

表1に掲げた教科書の中で、材料力学の初歩的概念、及び、それらの用語の掲載状況をまとめて示したのが表2である。

表2より次の事がわかった。

- 1) 生活单元 (A) 時代から系統学習 (B, BC) 時代にかけて、かなり多くの材料力学の初歩的概念、及び、それらの用語が中学校理科教科書に載せられていた。
- 2) 現代化以後 (C, CD, D) 時代の中学校理科教科書には、材料力学的教材が掲載されなくなった。

表1 分析対象教科書の使用年度表

時代区分	← A : 生活单元時代 →		← B : 系統学習時代 →		← C : 現代化時代 →		← D : 人間化時代 →		
	年(昭和)	24 26 28 30 32 34 36 38 40 42 44 46 48 50 52 54 56 58							
教科書 略称名	文献 番号								
A-一大日25	13	↔							
A-三省25	14	↔							
A-日書27	15	↔							
A-学芸29	16	↔							
A-中教30	17	↔							
A-啓林30	18	↔							
AB-学図32	19	↔							
AB-大書34	20	↔							
AB-東書35	21	↔							
B-一大日37	22	↔							
B-啓林37	23	↔							
B-三省37	24	↔							
B-三省41	25	↔							
BC-啓林44	26	↔							
BC-東書44	27	↔							
C-東書47	28	↔							
C-一大日47	29	↔							
C-東書50	30	↔							
C-一大日50	31	↔							
CD-東書53	32	↔							
CD-大日53	33	↔							
D-東書56	34	↔							
D-一大日56	35	↔							

昭和44年度までの使用年度は教科書検定総覧³⁶⁾によった。

以上の結果は、前章での中学校理科学習指導要領の考察と一致するものである。材料力学的内容は生活単元時代と系統学習時代の教科書に載せられている事がわかったが、これらの内容が掲載される単元の性格は、2つの時代で異なっている。生活単元時代は(1)家の構造、と(2)道具と機械のはたらきの2単元に、系統学習時代は力と変形の1単元に各々載せられている。

材料力学的教材に限定すると、過渡期のAB時代とBC時代は共に系統学習(B)時代に属すると云えよう。これは単元の構成(力と変形という単元の設定し、その中に材料力学的教材を入れる事)や、内容の記述(例えばフックの法則の掲載は、AB、B、BC、時代の教科書に共通に見られる事等)から判断される。付言すればCD時代は内容的にはC時代に属している。

内容の記述の仕方は、生活単元(A)時代においては内容の系統性に欠け、文字通り生活単元的である。すなわち、生活課題に教育内容が従属する特徴を持っている。またA、AB時代においては、中学校理科教科書なのに、著者、編集委員、検閲委員等の中に工学博士の肩書をもつ人が見られるのも一つの特徴と云える。例えば、A-日書27には編集委員10名中に4名の工学博士がおり、AB-学図32には検閲委員6名に3名の工学博士がおり、執筆者22名中に2名の工学博士が居る。中には工学研究者として著名な岡部金次郎(大阪大学教授工学博士、マグネトロン(の発明者)の名も見られる。これらは生活単元時代の理科教科書には科学的教材のみだけでなく、技術的教材が質、量共に大きな割合を占めていた事とも関連している事をコメントしておこう。一方、系統学習においては、材料力学の体系を考慮した系統性が見られる。これらの点については次の論文でもう一度、考察する予定である。

次に表2に掲げられている項目のなかで、前半部分の「荷重」、「応力」、「変形」、「歪」について、各項目毎に分析しよう。

〔荷重(力)〕

質点力学における力(いわゆる力学的な力)でなくて、材料力学における力、いわゆる荷重を意味する。生活単元時代と系統学習時代との教科書において、荷重という用語は用いられていないが、力と云う用語が用いられている。一方、現代化(C)時代以後の教科書においては、荷重を意味する用語は用いられてなくて、質点力学における力という用語(表2中の●)のみが見られた。引張り荷重、圧縮荷重、せん断荷重、曲げ荷重については種々の用語が用いられているのが目につくので、各用語に対してどのような用語が用いられているかを調べてみよう。

引張り荷重

- 1) 張力……A-日書27, A-中教30
- 2) 引く力……A-啓林30, B-三省41
- 3) 引張り力……AB-学図32, B-三省37
- 4) 引張ろうとする力……AB-東書44

圧縮荷重

- 1) 圧縮力……A-大日25, A-三省25, A-日書27, A-中教30, B-三省37
- 2) おす力……B-三省41, BC-東書44
- 3) 圧縮しようとする力……AB-大書34

せん断荷重

- 1) せん断力……A-大日25,

表2 中学校理科教科書における材料力学の初歩的概念及び、それらの用語の掲載状況

教科書 材料力学の 初歩的概念用語	A-大日 25	A-三省 25	A-日書 27	A-学芸 29	A-中教 30	A-啓林 30	AB-学図 32	AB-大書 34	AB-東書 35	B-大日 37	B-啓林 37	B-三省 37	B-三省 41	BC-啓林 44	BC-東書 44	C-東書 47	C-大日 47	C-東書 50	C-大日 50	CD-東書 53	CD-大日 53	D-東書 56	D-大日 56
荷重 (力)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(●)	(●)	(●)	(●)	(●)	(●)	(●)	(●)
引張り荷重 (力)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)				(○)	(○)		(○)								
圧縮荷重 (力)	(○)	(○)	(○)	(○)			△	(○)				(○)	(○)		(○)								
せん断荷重 (力)	(○)	(○)	(○)																				
曲げ荷重 (力)	(○)	(○)						(○)				(○)											
応力		○	○					○				△				△		△					△
引張り応力		○	○																				
圧縮応力		○	○																				
せん断応力		○*	○*																				
変形		○		○			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
のび	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ちぢみ	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ずれ		○	○				○																
たわみ	○*	○*		○*		○	○	○*	○		○	○*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○*
ねじれ		○	○				○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
歪		○				●						○											
弾性		○				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
塑性							○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
弾性限度		○*				○*	△	○*		○*	○*		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
フックの法則		○				△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△
強さ	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
圧縮(ちぢみ)強さ	○	○		○	○		(○)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
引張り(のび)強さ	○	○		○	○		(○)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
せん断強さ	○*	○*		○*			○*	○*			○*				○*								
kg/cm ²	○	○		○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○*							
断面の形状とたわみ 同一断面積材料の横 と縦方向荷重による たわみの違い	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
まげ強さは巾に比例 厚さの2乗に比例						○					○												
硬さ			○																				
破壊	○	○										○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
鉄きんコンクリート	○		○	○	○			○	○					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
三角構造	○	○	○	○	○		○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
トラス構造				○	○		○	○		○	○	○	○	○	○								

注1. ○*は違う用語を用いている事を示す。
 注2. ●は同じ用語が用いられているが物理的意味が異なっている事を示す。
 注3. △は内容の記述があるけれども、概当用語が用いられていない事を示す。

2) ずれの力……A-三省25, A-日書27

曲げ荷重

1) 曲げる力……A-三省25, A-大日25, B-三省37

2) 曲げようとする力……A B-大書41

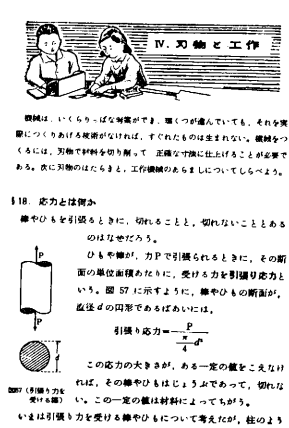
〔応力〕

応力については、荷重に比較して記載されている教科書数は少なく、むしろほとんどの教科書に記載されていないと云ってよい。応力という用語があらわに使用されている教科書は3種類(他にB-三省37, C-東書47, C-東書50, D-大日56には、応力という用語は用いられていないが、光弾性を利用した応力分布写真が掲げられている。)である。うち、A B-大書34はフックの法則の記述に関連して、突如、応力という用語が用いられており、応力を説明していない。従って応力を教えようとしている教科書はA-三省25とA-日書27の二種類である。これらの教科書にどのような記述がなされているかは、今後、材料力学の初歩的概念の学習内容を模索してゆくために参考になるので次に詳しく紹介してみよう。

A-三省25の私たちの科学14「機械を使うと仕事はどのようににはかどるか」では、応力という用語は多くの箇所にも用いられている。単元1. ひもと力で、「まっすぐに引張ったひもには、端から端までどの部分にも一様に、ひもを引き切ろうとする力が働いている。このように、物体に外から力を加えるとき、その内部に生ずる力を応力という。」(p.4) 単元6. ひもと弾性でフックの法則に関連して、「ばねばかりや、材料試験からわかるように、ひずみは普通加えられた応力に比例する。」(p.36) 単元13. 刃物の働きで、「局部的に大きな応力を起すにはどうしたらよいだろう。刃物をとくと刃の先のかどがはつきりついて、力が細い線の上に集中するから、先の丸い刃物より大きな応力を与える。

$$\text{(応力の大きさ} = \frac{\text{加えた力の大きさ}}{\text{力を受ける面積}} \text{)} \quad \text{』 (p.73)}$$

応力の定義はなされていると考える。しかし、応力の定義が後回しにされたりしていて、教科書の数カ所を開いてみないと応力は何かが明確にわからない記述であり、系統性に欠けていると云える。



に圧縮力を受けるものについても、これと全く同じ原理である。このばあいには、単位面積あたりに、受ける力を圧縮応力という。ほらみでものせたり切るときのように、棒にずれの力がはたらくとき(図 56)、棒の断面の単位面積あたりに、受ける力をずれ応力という。棒の断面が矩形で、巾が b 、厚さが a で、ずれの力が P とすれば、

$$\text{ずれ応力} = \frac{P}{ab}$$

ずれの力を受けるときも、この応力の大きさが材料の種類によって定まる一定の値をこえれば、棒は切られる。

一般に機械の各部には力がはたらいて応力が生ずるが、その応力の大きさが材料の種類によって定まる一定の値をこえないようにつけておけば、その機械はじょうぶである。逆に、棒やひもを折ったり切ったりするには、その中に生ずる応力の大きさを一定の値以上にすればよい。

19. 刃物のはたらき
刃物で物を切ったり削ったりするはたらきは、どんな原理によるのだろうか。刃物をよくとじるときと、とがなくてるときと、切られ方に大きなちがいがあつたはなせだろうか。また刃物にはまき割りや大工ののみのように刃先角の大きいものと、安全かみそりの刃のように刃先角の小さいものがあるが、そのはたらきにはどんな

図1 応力の記述がある教科書(A-日書27「機械のはたらき」中学2年用C, P.41, 41)

一方A-三省27でも図1からわかるように、刃物の切削に関連して、かなり精しく応力が教えられている事がわかる。引張り応力とずれ(せん断)応力との定義が文字式で提示されているところに注目したい。

[変形]

変形(のび, ちぢみ, ずれ, たわみ, ねじれも含む)については, C(現代化)時代より前の時代において, 多くの教科書に記載されている事が表2よりわかる。特に系統学習(A B, B, B C)時代に, 変形について系統的な記述がかされていたと云える。また, 荷重の場合程用語の混乱がみられない。ただし, たわみについては例外的に用語が混乱している。次に, 変形のなかで材料力学的にも興味深く, また, 実用にも深く結びついている“たわみ”をとりあげて考えてみよう。

たわみ

たわみについては4通りの用語が用いられている。

- 1) たわみ……7種類の教科書(表2参照)
- 2) まがり……A-三省25, A-学芸29, AB大書34, A-三省37, D-大日56
- 3) まげ……B-三省27
- 4) しない……A-大日25

次に, たわみ(広義)が載せられている教科書に限定して(以下, たわみに関する考察はこの限定条件のもとで行なう。), たわみに関連した事項を調査して表3にまとめた。

表3 たわみに関連した事項の記載に関する調査

事項	教科書略称名											
	A-大日	A-三省	A-学芸	A-啓林	AB-学図	AB-大書	AB-東書	B-啓林	B-三省	B-三省	BC-啓林	BC-東書
	25	25	29	30	32	34	35	37	37	41	44	44
(1)	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	
(2)	○*	△	△	△	△	△		○*	△	△	○*	△
(3)			○							○		
(4)		○	△		○	○		○		△	○	

事項 (1) たわみはのびとちぢみを組み合わせたものである。

" (2) 中立面

" (3) たわみは(目に見える程)大きい性質がある。

" (4) 基本的な変な変形はのび, ちぢみ, ずれの3種類である。

(注. ○*, △は表2と同様な意味を表す。ただし, (2)の△は中立面という用語は用いられてないが, 教科書中の図に中立面が示されている事を表す。)

(1) 「たわみはのびとちぢみを組み合わせたものである。」は, 多くの教科書で載せられており, それも図を示して説明してある(図2参照)。

(2) の中立面に関しては, 用語として「中立層」(B-啓林37, BC啓林44(図2))と「中心線」(A-大日25)との二種類が用いられているが, これら用語の使用教科書種類数は少ない。しかし, たわみの説明図中に中立面を点線等で示した場合が多く, また本文中に文章に文章で説明してある場合も少なくない。この(1)と(2)の事項の内容は後の“断面の形状とたわみ”や“同

一断面積材料の横と縦方向荷重によるたわみの違い”や“まげ強さは巾に比例し、厚さの2乗に比例する”等の橋渡しになるので、材料力学的には重要な事と云えよう。また、中学校生徒の認識能力でも容易に理解出来る内容だと考えられる。

(3)の「たわみは(目に見える程)大きい性質がある。」を指摘している教科書は少ない事がわかる。しかし、比較的小さい力で大きなたわみを生じさせる事が出来るゆえに、たわみの測定は容易となる。従って、中学校生徒でも取り扱易いため、フックの法則を確かめる実験にたわみ変形を用いる事が多い事を指摘しておく。

(4)の「基本的な変形はのび、ちぢみ、ずれの3種類」は(1)の事項とも関連しているが、変形に関する基礎的事項と云える。この事項は比較的よく載せられている。

以上の検討からわかるように、変形に関しては、材料力学的に展開のある内容がかなりの教科書で載せられていたと結論付けられよう。

〔歪〕

歪という用語については3種類の教科書に用いられていた。このうち、A-啓林30における使用例は歪というより、むしろのびと解釈した方がよく、厳密に云えば誤っている。従って2種類の教科書A-三省25、B-三省37に歪が掲載されていた。このうち後者を紹介してみよう。

「ひずみ 同じおもりをつるしても、長いばねは短いばねよりよけいのびる。10mの長さの物が10cmのびてもたいしたのびでないが、20cmの物が10cmのびたらたいへんなのびかたである。そこで、のびの大小を表すには、のびた長さそのものでなく、のびた長さもとの長さの何パーセントにあたるかを表わすのがよい。このように表わした量をひずみの量といっている。」

技術科の教科書で今後材料力学の初歩を取り扱うとするならば、歪に関してはこの程度の記述が必要であろう。歪に関しては、表2から判断すると、ほとんど取り扱われてなかったと結論付けられる。

4. 討 論

戦後の中学校理科学習指導要領と昭和25年以後の中学校理科教科書を分析する事によって、次の結論が得られた。

- 1) 生活単元時代から系統学習時代(昭和46年まで)にかけて、かなり多くの材料力学の初歩的概念、及び、それらの用語が中学校理科学習指導要領、中学校理科教科書に掲載されていた。
- 2) 現代化時代以後(昭和47年より)、材料力学的内容は中学校理科学習指導要領、中学校理科教科書に掲載される事がなくなった。

生活単元時代においては、生活上の問題を解決する手段として科学が教えられたり、科学の体系そのものより、実用の科学や日常の科学が理科の名のもとに教えられていた³⁷⁾。理科教育の

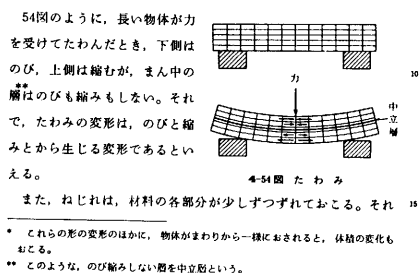


図2 たわみの記述がある教科書

(BC啓林44「再訂中学校新理科2年」P.119)

内容には、その理念の帰結として必然的に技術的な題材が入ってきたり、時には主流になったりした。理科教育関係者から、この生活理科に対する多くの批判、指摘がなされている^{38),39)}。我々技術科教育に携さわる立場から注目すべき事は、生活単元時代の理科において、生活理科の推奨のもとで、技術学的内容が多く教えられていた点である。前章でみてきた材料力学に関する内容は、理科教科書に載せられている、多くの技術学的教材のうちの一例にすぎないと云える。材料力学的内容に限れば、次の系統学習時代においても理科教科書に載せられていた。これは系統学習時代においても、その教育内容から完全に生活単元的内容を払拭したと云えず、一部に技術学的内容が含まれていた事によると考えられる。これら材料力学的内容が理科教科書に取り扱われていた事の是非及び評価は、材料力学的内容の分析を終えた後の論文(2)で行なう事にする。

一方、前章で「荷重」、「応力」、「変形」、「歪」について各々検討した。これらの材料力学の基本概念用語の検討結果を踏まえて総合的に考察すると、次のような結論が得られるであろう。

- 1) 中学校理科教科書において、「荷重(力)」、「変形」は比較的記載されているが、「応力」、「歪」はほとんど載せられていない。この事は、材料力学の視点よりみれば片手落ちであり、また不十分さを残していると云える。科学を通して生活を教えようとした、当時の生活単元教育の立場にたったとしても、力学プラス生活イコール材料力学にはならないだろう。理科では如何なる教育論をとっても、技術学に属する材料力学の初歩的概念を教え切れない事の一端を示しているとも解釈出来る。
- 2) 比較的記載量の多い「変形」と「荷重(力)」との関係において、「変形(のび、ちぢみ、ずれ、たわみ、ねじれ)」は「荷重(力)」に比較して、量的には多く、また質的には掘り下げた記述がなされている事がわかった。これは第1に「変形」は目に見える量であるが、一方「荷重(力)」は直接的には見る事の出来ない事と関連して、「変形」の方が「荷重(力)」より教えやすいと考えられているためだと推定される。第2に系統学習時代の中学校指導要領(昭和33年度版)の記述内容によると思われる。
- 3) 材料力学の初歩的概念を教えるための基本的用語(例えば、引張り荷重、圧縮荷重、たわみ等)に対して、幾通りかの別の用語が用いられており、かなりの混乱が見られる。科学や技術学を学習してゆく時、それらの重要な基本用語は統一されている事は最低限の必要条件である。これら用語の混乱は、材料力学の初歩概念は理科の中では科学の日常生活へ応用と把らえられていて、まともに教えられてなかった事を示す1つの顕証であるとも云える。本来、材料力学は技術学に属するものであるが、それを子供の生活経験重視の申し分けのために、科学の系統に属さない技術学まで理科で教えようとする、その教育内容の教授が大味になってしまうとも受けとられる。材料力学の初歩概念は技術学に属する性質上、技術学と技能とを教育目標とする教科-技術科で教えられてこそ、真に教授され得るものである事を強調したい。

残されている表2中の「フックの法則」以下の材料力学の初歩的概念とそれらの用語に関する検討は、次の論文で検討する予定である。そして、これらの検討後、かつての理科教科書に掲載されていた材料力学的内容に関する総合的評価、並びに技術科教育との関連について明らかにする事にする。

本研究に使用した理科教科書の一部は教科書研究センターより提供して頂いたものである。同センターに対し、感謝の意を表します。

文 献

- 1) 佐々木享：「技術科の授業研究について」、『技術教育研究第19号』，技術教育研究会，pp. 1～4，1981年
- 2) 原正敏，佐々木享編：『技術科教育法』，学文社，p.40，1972年
- 3) 細谷俊夫：「一般教育としての技術教育」、『技術教育概論』，東京大学出版会，p.168，1978年
- 4) 技術教育を語る会：「教授内容選定の基本的視点」、『技術科教育の計画と展開』，明治図書，p. 40，1965年
- 5) 長谷川淳：「教材論 I 総論」、『現代教育学11，技術と教育』，明治図書，p.136，1961年
- 6) 例えば，渡辺茂ほか97名：『技術・家庭上巻』，開隆堂出版株式会社，p.34，昭和55年12月や渡辺茂ほか58名：『技術・家庭男子向き2』，開隆堂出版株式会社，p.16，昭和52年5月
- 7) 文部省：『学習指導要領 理科編（試案）昭和二十二年度』，東京図書株式会社，昭和22年5月
- 8) 文部省：『中学校学習指導要領 理科編（試案）昭和26年（1951）改訂版』，大日本図書株式会社，昭和27年3月
- 9) 文部省：『中学校学習指導要領 理科』，昭和33年10月
- 10) 文部省：『中学校学習指導要領 理科』，昭和44年4月
- 11) 文献2) のp.141
- 12) 文部省：『中学校学習指導要領 理科』，昭和52年7月
- 13) 理科研究委員会（第2部）：『私たちの科学研究』，大日本図書株式会社，第11巻「よい家をどのようにしてつくるか」，第3版昭和27年2月のp.p.27～63による。
- 14) 三省堂編修所：『私たちの科学』，三省堂出版株式会社，第12巻「家はどのようにしてできるか，中学校2学年用，第5版昭和29年1月のpp.31～49と第14巻「機械を使うと仕事はどのようにかはかどるか，中学校3学年用」のpp. 1～97による。
- 15) 谷下市松他：『生活と科学 改訂版』，日本書籍株式会社，第4巻「衣食住の生活，中学校2学年用」と第7巻「機械のはたらき，中学校2学年用C」，昭和27年
- 16) 科学教育研究会：『新版中学生の科学』，株式会社学芸出版，第2版昭和30年1月
- 17) 三岩巖，小谷正雄，篠喜人，玉虫文一：『自然のなぞ 改訂版』，中教出版株式会社，昭和29年6月
- 18) 内藤卯三郎他11名：『中学理科』，株式会社新興出版社，啓林館，昭和31年5月
- 19) 湯川秀樹，菊地正士，緒方富雄：『中学校理科』，学校図書株式会社，昭和32年
- 20) 国井修二郎他13名：『新訂中学校理科』，大阪書籍株式会社，昭和33年4月
- 21) 茅誠司，服部静夫他12名：『新訂新しい科学』，東京書籍株式会社，昭和35年
- 22) 岡田要，坪井忠二他18名：『中学校理科』，大日本図書株式会社，昭和37年
- 23) 内藤卯三郎他14名：『中学校新理科』，株式会社新興出版社・啓林館，昭和37年，
- 24) 三省堂編修所：『中学生の理科』，株式会社三省堂，昭和37年
- 25) 三輪知雄，白井俊明，豊田利幸他7名：『みんなの科学』，株式会社三省堂，昭和41年
- 26) 内藤卯三郎他19名：『再訂中学新理科』，株式会社新興出版社啓林館，昭和45年12月
- 27) 茅誠司，服部静夫他16名：『新訂新しい科学』，東京書籍株式会社，昭和45年2月
- 28) 茅誠司，服部静夫他26名：『新しい科学』，東京書籍株式会社，昭和47年2月
- 29) 坪井忠二他41名：『中学校新理科』，大日本図書株式会社，昭和47年

- 30) 蓮沼宏，藤井隆他25名：『新訂新しい科学』，東京書籍株式会社，昭和50年
- 31) 坪井忠二，岩橋八州民他40名：『改訂中学校新理科』，大日本図書株式会社，昭和51年2月
- 32) 蓮沼宏，藤井隆他28名：『新編新しい科学』，東京書籍株式会社，昭和55年2月
- 33) 坪井忠二，岩橋八州民他41名：『新版中学校新理科』，大日本図書株式会社，昭和54年2月
- 34) 藤井隆，近角聡信，長倉三郎，江上信雄他34名：『新しい科学』，東京書籍株式会社，昭和56年
- 35) 坪井忠二，岩橋八州民他31名：『中学校理科』，大日本図書株式会社，昭和56年2月
- 36) 永芳引武，中村紀久二，加藤宗晴編：『教科書検定総覧中学校篇』，小宮山書店，pp.148～177，1969年
- 37) 板倉聖宣：『日本理科教育史』，第1法規，pp.392～404，1968年
- 38) 真般和夫：『新版理科教育法』，誠文堂新光社，p.29，1977年，
- 39) 文献37)，pp.404～411