JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	マリー・キュリーの科学教育に学ぶ ： 中高生では遅い
Author(s)	吉祥，瑞枝
Citation	年次学術大会講演要旨集，35: 413-416
Issue Date	2020-10-31
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/17297
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

２Ｂ１８

マリー・キュリーの科学教育に学ぶ～中高生では遅い～

○吉祥瑞枝（東京理科大学，サイエンススタジオ・マリーＳＳＭ）
kissho-y@fol.hi-ho.ne.jp

1. はじめに

科学技術・学術における男女共同参画推進、科学・技術人材育成の重要性は 1995 年の科学技術基本法、翌 1996 の第 1 期基本計画において始めて“女性”が明記されたことに示される。以来、提言や施策がなされてきている。しかし、今なお女学生の科学技術工学への割合は低く“なぜ数物系女子は少ないのか？”と問われる。大学入学人口の減少に加え、女学生の科学技術工学への割合は薬学 59.5% 医学･歯学 35.2%，理学部 27.8% 工学部 15.0%である。(2018 年度文部科学省） 2050 年まで総人口は減り続け、量が減るなかで求められるのはよりよい質人材育成である。

マリー･キュリーは｢キュリー夫人の理科教室｣[1)]を 9～13 歳の娘イレーヌを含む子ども 10 人に 1907-8 にかけて 2 年間催した。わずか 2 年間であったが、その素晴らしい授業は子どもを魅惑して生涯忘れえない糧となった。後年、子どもは科学・技術の分野で大いに社会に貢献した。娘イレーヌもノーベル化学賞を受賞し、母娘 2 世代のノーベル賞受賞という輝かしい記録を打ち立てている。解決には、思い切った初等理科教育人材育成施策案を提言する。

2 マリー・キュリーはイノベータ

マリー・キュリー（1867-1934）は偉大な科学者である。世界中で尊敬を集めており、女性科学者の**ロールモデル**である。ポロニウムとラジウムの 2 元素を発見し放射能の研究でノーベル物理学賞(1903)とノーベル化学賞(1911)の 2 度受賞した。

文部科学省は科学技術に関する知識のための活用を目的として、宇宙構成の百余りの元素の一覧表「一家に 1 枚周期表」[2)]のポスターを発行している。昨年は 2019IYPT 国際周期表年を世界で祝った。元素 118 個のうち、キュリー家とラジウム研究所にちなむ元素は 4 元素（元素番号 84,87,88,96）にも及ぶ。新元素・原子番号 87 フランシウムは自然界から発見されて名前のついた最後の元素で 1939 年にラジウム研究所の女性職員 M ペレーが発見した。ペレーはマリー・キュリーが一度挑戦したが、成し得なかったフランス学士院の初女性会員に 1962 年に選ばれた [3)]。

マリー・キュリーの次女エーヴ・キュリー著、”キュリー夫人伝”[4)]は世界中で最も読まれているキュリー夫人の伝記である。 ”キュリー家の人々”[5)]、”ピエール・キュリー伝”[6)]を読んで感動した人も少なくない [7)]。

マリー・キュリーはパリ・ラジウム研究所所長としての運営も見事にこなした。世界 25 ヶ国から男女の優れた研究者を短期、長期に受け容れた。日本人留学生もいた [8)]。なんと当時、女性研究者は 30%を越えていた [9)]。マリー・キュリーはアインシュタインのように来日しなかったが、自筆の実験ノート [10)]とマリー・キュリーのサイン入りの No.8 ラジウム副原器が日本にある [11)]。

マリー・キュリーは基礎研究のみならず、ラジウムの応用、開発研究、がんの治療、「キュリー療法」実用化までに広汎にわたった。特に、第一次世界大戦中(1914 年)プチット・キュリーX 線車で、自らも運転して戦場を駆け巡り多くの兵士の命を救ったのは有名な話である。新渡戸稲造はユネスコの前身、国際連盟の知的協力委員会の事務局としてマリー・キュリーと知己となり、その人柄を高く評価して、マリー・キュリーを｢一国の誇りでなく、女性全体の誇り、人類の誇りで世界第一の女性碩学｣[12)]と述べている。今日、マリー・キュリーは***イノベータ***と呼ばれている [13)]。

3. 偉大な科学(理科)教育者

ところが、偉大な科学者と同様にマリー・キュリーが偉大な教育者であることは知られていない。長女イレーヌは回想録 ”わが母マリー・キュリー”で、「マリー・キュリーといえば、崇拝者の大部分のものの心にうかんでくるのは、ポロニウムとラジウムの発見ということだけです。[14)]」と述べている。日本では ”マリー・キュリー”の研究者は多くはなく、また、マリー・キュリーの教育者像には言及に至っていない。

キュリー夫妻は子どもの教育に熱心で、よく話し合っていた。1906 年 4 月、不運にも夫ピエール・キュリーが交通事故、馬車に轢かれて亡くなった。イレーヌは 9 歳、下の娘エーヴは 2 歳にもならなかった。一人残されたマリー・キュリー夫人は研究に、子どもの教育に孤軍奮闘しなければならなかった。マリー・キュリーの教育理念は“自立自尊”である。その根底となるのは体育と知育で、自らも水泳を得意とし、科学実験の名手だったマリー・キュリーは“体育”と“科学”手を動かす“実験”を重視した。マリー・キュリーの教育は完璧に近いほどの成果をあげた。マリー・キュリーの知育教育・科学教育について展開する。

3.1. マリー・キュリーの理科教室

彼女の発案で研究仲間と共に 9 歳の娘イレーヌを含む 10 人くらいの男女子どもに共同授業を 1907-1908 の 2 年間にわたり“マリー・キュリーの実験授業”を開催した。その授業に参加した 13 歳の女子イザベル・シャバンヌのノートが偶然にも発見され、2003 年フランスで発刊された。

翌年 2004 年 11 月 7 日マリー・キュリーの誕生日に、その日本語版 :『キュリー夫人の理科教室』（丸善）[1] が発刊した。マリー・キュリーの授業の貴重な資料である。実際に目の当たりに出来るようになったことは特筆に値する。このノートから伝わってくるのは、周到に準備され、適切な質問が配置された実験課題である。常に考えることが求められ、単に手足を動かしていることで済ますことはできない。実験ノートは基本のキで、科学実験の基礎である。“実験ノートはありません。提出は出来ません。”などと言うことは、ありえない。

マリー・キュリーは「ほんの少しで効率のよい学習法」を生み出し、実践した最高教育者である。

イザベル・シャバンヌのノートはマリー・キュリーの授業の 1 年間、1907 年 1 月 27 日から 11 月 14 日までの 10 回の授業の記録の“実験ノート”である。残り 1 年の授業についても、イレーヌ、エーヴの著書に断片的な記述が残っている。

筆者はその『キュリー夫人の理科教室』[1]授業分析から、マリー・キュリーの教育手法を明らかにし、翌 1908 年 1 年間の授業 7 項目に当てはめて、マリー・キュリーの幻の授業を解明し、彼女の教育法を現代につなげ、役立たせようとするものである。

3.2. マリー・キュリーの理科教室　1907　～授業の分析とマリー・キュリーの手法～

イザベル・シャバンヌにより書き留められた実験ノート「キュリー夫人の理科教室」[1]より、マリー・キュリーの主要な手法は下記5項目にまとめることができる。

- 単純化・簡略化したモデルによって、概念や原理・法則を理解する。
- 必要な概念や原理・法則を繰り返し教示しながら、高次へと導いていく。
- 概念のさまざまな側面からの提示をする。
- 側面の変化を展開して現象をとらえる。
- 可視化　および　視覚　触覚、聴覚を駆使する。

「キュリー夫人の理科教室」でマリー・キュリーは「真空」と「密度」を大切にしている。つまり、私たちは空気の中で、見えない空気の中で生きていること。空気にも重さがあること。子供たちと実際に空気の重さを測った。繰り返し何度も取り上げたのは“密度”であり、概念としての“密度”をわかりやすく子どもに教えた。

3.3. マリー・キュリー夫人の理科教室　1908　～幻の実験授業～

しかし、翌 1 年間の授業に関しては、1937 年に『キュリー夫人伝』[4]を書き残した次女エーヴの伝記と長女イレーヌの偉大な教育者たる母への賛辞である『わが母マリー・キュリー』[14]なかで見出されるのみである。詳細は分からない。後年（1995 年）、スーザン・クインの伝記『マリー・キュリー』[15]にもほぼ同じことが書かれている。マリー・キュリーの次女エーヴはこのマリー・キュリーの『共同授業』について「マリーの手にかかると、教科書には退屈で抽象的にしか書かれていない現象も、生きいきとわかりやすい事がらに変わったのだ。」と述べている。[4]

それら 7 項目は力学、熱学、電気化学、化学、数学の 5 分野にわけることが出来る。

1. ボールベアリングによる斜面上の放物線軌跡の記録
2. 振り子の振動の記録
3. 温度計の制作
4. 電池の組み立て
5. 酸素中での輝かしい燃焼

6.　電気分解
7.　暗算の計算
これらの課題について、筆者は 20 世紀初頭における社会状況、実験機材などを考慮しつつ、現代化した再現を試みた。
例えば、「ベアリングの斜面上の落下運動」[16]、「振り子の振動」[17),18)]などを十分な精度で再現した。
自転車のボールベアリングをいくつかインクに浸し、 斜面にはなすと、放物線を描いて、物体落下の法則を明らかにしてくれる。 振り子は煤で黒くした紙に、その規則的な振動のあとを残す。 自分たちで作って目盛りをつけた温度計が、正式の温度計と同じように動いたときには、生徒たちは誇らしさでいっぱいになった。 マリーは科学への愛情とともに、努力の大切を教えた。 マリー自身がしてきた勉強法も教えた。 暗算の名人として、生徒たちにもやってみるようすすめた。「ぜったいに間違えてはいけないの、コツは急ぎすぎないことよ。」とある[4]。具体的にはマリー・キュリーの理科教室に記された記録から実験測定に関わる項目を検討、マリー・キュリーは子どもに暗算を教えることによって、基本,根源からの発想、例えば桁数など、実験値における妥当性、直観を鋭敏に養う訓練をしたのではないかと推測される。
「キュリー夫人の理科教室」の実験授業は一連の見事な組み立てから構成されていた。 これら6項目の実験にも、マリー・キュリーの教育手法を適用し、展開させる。忘れてはならないのは、マリー・キュリーは子どもに現象を教えることにとどまらず、その奥にある概念や原理・法則を理解させることに努めたことである。難しい概念や原理・法則を子どもにわかりやすく説明した。 そのためにマリー・キュリーは実験を手段として用いた。実験することが自己目的化していたのではなくて、実験をツールとしてマリー・キュリーは用いたのである。

3.4. マリー・キュリーの教育　～ほんの少しで効率のよい学習法とは？～

実験授業である。“アクティブラーニング”つまり対話型の深い学びである。参加型の探求型学習である。
はじめに、実験前に子供たちに「実験結果を予測」させ、その実験結果が予想と異なったら、「なぜ？」「どうして？」とその結果と理由を考えさせ、わくわくと胸おどらせる対話型授業である。 知的好奇心を刺激し“ごくわずかなことを、ごくしっかり学ぶ”科学的なものの見方を身につけさせることをねらいとした。[4] 知識を確実に身につけさせる『躾』である。万事控えめなマリー・キュリーが「私なら短時間でほんのちょっぴりの努力で、効率的な授業を行うわ。」と珍しく豪語したという。娘イレーヌがこの 2 年間の実験授業で“**一流の科学の素養**”を身につけたと誇らしそうに述べている。[19] それは「サイエンス（科学）を真に身につけ、理解するにはその根底の概念を理解しなければならならない。それこそが、新しいもの、最先端の科学の駆動力となるもの」と確信していたからと思う。
マリー・キュリーは 1907 年の理科教室の上に、1908 年に新たな概念を加えつつ展開させたと思われる。 いいかえれば、アリストテレスの真空と空気、アルキメデスの浮力、ゲーリケのマグデブルグの半球、ガリレオの振り子運動、ニュートンの落体の法則、ファラデーのロウソクの科学　燃焼と電池、電気と磁気、温度である。まるで科学史の主要な法則・思考の順に、あたかもフィルムを早送りするように、思考の自然な発展にそっているようである。
“マリー・キュリーの実験授業”、その素晴らしい授業は子どもを魅惑して生涯忘れえない糧となった。わずか 2 年間であったが、授業を受けた子どもの中から後年、ノーベル賞受賞者のイレーヌ・キュリー、初の女性化学技術者であるイザベル・シャバンヌや、フランシス・ペランはじめ科学技術専門家として社会に大いに貢献した。
“マリー・キュリーの実験授業”それは**不変不朽の真髄のサイエンス教室**で、娘自身が母の授業を“**ほんの少しのお勉強で,効率の良い学習法**であった”と評している。結果として、マリー・キュリー母娘 2 世代のノーベル賞（物理と化学）受賞である。

4. 考察

能力の開花、頭脳の育成は単に物を理解し、多くの知識でなされるのではない。それは教えられたことを理解し、記憶にとどめるのではない。理解は記憶の作業によるものではなく、思考作業による。キュリー夫人は子どもがあたかもその原理を発見したように導いたのである。思考は記憶より一段深い次元の作業である。マリー・キュリーが「キュリー夫人の理科教室」[1] で「これ暗記しておきましょうね。」と繰り返し子どもに話しかけたのは“空気 1 L が 1.2 グラム”であった。
エビデンスとして、キュリー夫人の知育は科学教育を中心科目とし、子どもの能力の芽生えを待ち、

興味の湧いたときに適切な処置をし、子どもの能力を引き出して創造的能力の伸長を促し開花させた。「キュリー夫人の理科教室」[1]のその輝かしい成果は特殊な子どもではなくて、ごく普通の子どもにも当てはまる普遍的事柄である。

提言　中高生では遅い

現行の“女子中高生夏の学校”[20]や　内閣府の“理工チャレンジ”[21]は小学生を除したものである。理工系女子関連調査報告書も“意識”で、“適正年齢”までには言及されてない。

2022 年度をめどに、小 5・6「教科担任制」が文部科学省の中央教育審議会の特別部会がまとめられた。小学から中学への円滑な接続と授業の質の向上をはかり、教員の持ちコマ数の軽減や授業準備の効率化により負担軽減に資する。例えば外国語、理科、算数を対象とすると報道されている。

解決には思い切った初等理科教育人材育成施策案を提言する。小学理科は 3 年生（9 歳）からで、10 年後は女子大学生となる。理科教育振興の下に場所と時間を工夫して、女生徒対象の理科実験教室の開催である。長期的な 5 年と 10 年を設定して女子学生をコホートする。「キュリー夫人の理科教室」の**意図する理科教育への理念を復刻した現代版にカリキュラムを編成し、年 10 回の 2 年間実験授業**を実行する。

今こそ第二のマリー・キュリー、ロールモデルの誕生が日本で待たれる。

参考文献

1）I シャヴァンヌ（吉祥瑞枝監修　岡田勲・渡辺正共訳）：「キュリー夫人の理科教室」丸善（2004）
2）https://stw.mext.go.jp/common/pdf/series/element/element_a11s2.pdf
3）スーザン・クイン（田中京子訳）:「マリー・キュリー 2」667, みすず書房（1999）
4）エーヴ・キュリー(河野万里子訳）:「キュリー夫人伝」381-383, 白水社（2006）
5）ウージェニィ・コットン(杉捷夫訳）:「キュリー家の人々」岩波書店（1964）
6）マリー・キュリー(渡辺慧訳）:「ピエル・キュリー伝」白水社　（1959）
7）吉祥瑞枝:「キュリー夫人の理科教室 マリー・キュリーってどんな人？」
日本物理学会,60-12,967-968, （2005）
8）吉祥瑞枝:「キュリー家の人々と日本　キュリー夫人没後 80 年」大学の物理教育,S73-75,
日本物理学会(2014)
9）Soraya Boudia:”An Inspiring laboratory Director: Marie Curie and Women in Science”,
Chemistry International, 33(1), 16　(2011)
10）吉祥瑞枝:「キュリー夫人の最後の実験ノート」化学と教育 59-1,40-41,日本化学会(2011)
11）東北大学所蔵のラジウム副原器：https://www.tus.ac.jp/today/archive/20191211002.html
12）新渡戸稲造：「東西相触れて」263-278, たちばな出版（2002）
13）Vicki Cobb: Marie Curie A photographic story of a life, 6　DK Publishing（2008）
14）イレーヌ・キュリー（内山敏訳）:「わが母マリー・キュリーの想い出」228, 筑摩書房（1965）
15）スーザン・クイン　（田中京子訳）:「マリー・キュリー２」　405-407, みすず書房（1999）
16）吉祥瑞枝・岡野達雄：「キュリー夫人の幻の実験授業 物体落下の実験」日本理科教育学会 第 65 回
全国大会, 京都教育大学　(2015)
17）吉祥瑞枝「キュリー夫人の幻の実験授業（その４）振り子の運動」日本理科教育学会第 68 回
全国大会, 岩手大学　(2018)
18）吉祥瑞枝:「キュリー夫人の幻の実験授業（その６）振り子の運動 3 -マリー先生の理科教室-」,
日本理科教育学会第 70 回全国大会, 岡山大学　(2020)
http://www.sjst.jp/wp/wp-content/uploads/2020/09/happyouron18.pdf
19）マリー・キュリー（木村彰一訳）:「自伝」 169-225, 世界ノンフィクション全集　筑摩書房　(1960)
20）夏学：https://natsugaku.jp/
21）内閣府理工チャレンジ：http://www.gender.go.jp/c-challenge/