



MONASH University

Education

オーストラリアにおける 理科(科学)の教授と学習の本質の理解

*John Loughran
Monash University
Australia*

ジョン・ロックラン
モナーシュ大学
オーストラリア

オーストラリアの方針と実践

- 理科の教授と学習は常に見直されていくものであるが、全体的な知見は継続して似通ったものである。

理科の教授と学習の実際には、幅広い変動性がありながらも、平均的には残念なものが多い。いくつかの小学校では、概ね子ども中心の活動が基盤とされた学習が行われており、結果的に児童らの満足度も高い。高校進学後、生徒たちは多くの場面で失望してしまう。伝統的な教師主導型の講義、板書の書き写し、「レシビ本」式の実験の授業は、挑戦の幅を狭めるし、また生徒らを興奮させづらい。科学への幻滅は、義務教育後に理科を学習する生徒が減少していることに顕著に表れている。(Goodrum, Hackling, & Rennie, 2000, p. viii)

理科学習にはどのような意味があるのだろうか？

理科学習に含まれるべきもの：

- 好奇心
- 創造性
- 発問
- 葛藤
- 新しい考えと情報
- 代替可能な概念への挑戦
- 新しい知識の構築と理解

理科教授における3つの大きな挑戦

内容 – 複雑で洗練された概念を単純化することが分かりやすいとは限らない。

教え方 – 情報を伝えることの方が、教育的な場面を創り出すことよりも簡単（『言うは教えるにあらず』）。

学び方 – 知ることは理解することと同義ではない（『聞くは学ぶにあらず』）。

以上3点のことを理解する必要がある。

通常、教授と学習をどのように結びつけるだろうか？

- ハンズ・オン
- マインズ・オン
- 実験
- 探究活動
- たのしい活動
- 関連付け
- 興味深さ
- 人類の努力の結晶としての科学(オーストラリアのカリキュラム)
- *しかし、どれほどよかれと思っても、参加を促す教授は誤解を招きやすい。*

代替可能な概念・誤概念

- 科学的に正しいとされているものとは、異なる知識や信念。
- 誰しも誤概念を持つが、それが間違っているとは普通思っていない。間違っていると指摘されても、特に長い間保持していた誤概念は修正されにくい。
- 人は現在の理解の上に知識を構築していくので、誤概念は新たな学習に影響を与え得る。

学びのための教授

- 教育学的目的が重要である。何がなされ、教授と学習の場面をどのように、なぜつくるのかに根拠を与える。
- 実践の枠組みをつくることは、教授と学習のアジェンダを進めるにあって重要である。
- PCK (Pedagogical Content Knowledge) は、理科の教授と学習における知識の枠組みのひとつである。

PCK: 学習と教授の枠組み

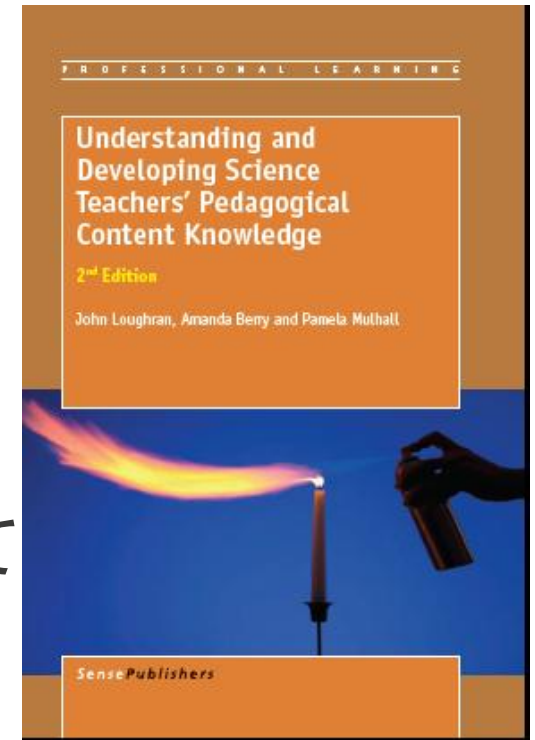
- ショーマンがPCKの概念を紹介した際、教えることを情報の伝達として捉えがちな当時の見方に対して部分的に反発していた。
- PCKを通じて、教えることは、複雑で解決の難しいものとしてではなく、伝達以上のスキルや知識、能力が必要なものとして見なされた。
- PCKは学問的な構成概念として魅力的だが、いかに捉えられ、表れうるのかは、依然としてやや理解しづらい。
- PCKは理論上よろしく聞こえるが、実践では一体どのような意味を持つのだろうか？

PCK:効果的なアクティビティを超えて

- 実践と知識の間の重要なつながりを明示することは、それぞれの知識・概念が暗黙的なものであるために困難が生じる。
- 教えることが「ルーティン化」すれば、その質(例:参加の度合、挑戦など)は低下してしまう。
- PCKは、ある特定の内容・概念と結びついた特定の教育学的理由の、ある特定の教え方を選ぶということである。
- 実践に関する知識は、教授と学習を新たな視点で捉え、その気づきを自身や他者に明示することによって発達する。

実践に関する知識を共有する

- 実践に関する知識を捉え、描き出し、共有することはむずかしい。
- 教師の専門的知識は、「実践で積み上げられ」、その価値は、他の教員らの実践でも応用可能かどうかによって決められる。
- 教師は、特定の内容の教え方を決める特別な知識(つまりPCK)を持っている。



具体例を通じたPCKの表出

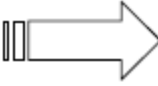


- 内容の理解：研究のプロセスを経て、内容の表現（CoRe：Content Representation）となる。
- 教授学の理解：研究のプロセスを経て、教育学的・専門的経験レパートリー（PaP-eRs：Pedagogical and Professional-experience Repertories）が表面化する。

CoRe (Content Representation: 内容の表現)

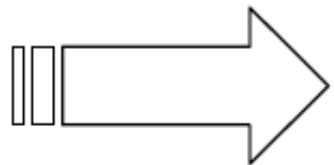
- CoReは、静的であるとか、内容に関して唯一の/最善の/正しい例があるという捉え方をすべきではない。特定の教師グループの実践の結果から生じる不完全な一般化が、内容・トピックの全体像を一般化することにつながるのである。CoReの目的は、調べられた内容分野にわたって、またCoReを通じた共通の方法で教師の知識の体系化し、教科内容の重要な特徴を見出し、その内容を教授する際に対応することに役立つ。

CoRe

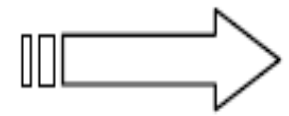
- CoReは、特定の学年であつかうトピックを教える際に、何を重要な概念 (big ideas) とすべきかを問うことでつくられる。
- それぞれのCoReには決められた量の情報やアイデアがあるわけではなく、ある分野(枠)は空っぽかもしれない。
- CoReは、PCKそのものというわけではなく、あくまでもPCKの一要素である。

This Core is designed for students in Lower Secondary School, i.e., Years 7 – 9.	IMPORTANT SCIENCE			IDEAS/CONCEPTS			
	A: Matter is made up of small bits that are called particles.	B: There is empty space between particles.	C: Particles are in constant motion.	D: Particles of different substances are different.	E: There are different types of small bits of substances.	F: Atom particles don't disappear but their arrangements may be changed.	G: Models are used in science to help explain phenomena. All models have limitations.
What you intend the students to learn about this idea.	If we break up substances, the smallest bit of substance we can get is a particle.	The relative distances between particles differs in solids, liquids and gases.	Particles of matter are always moving. The speed of particles can be changed (by heating/cooling, pressure change) ...	The characteristics of substances are related to the types of particles they contain.	There are two types of small bits of substance: <ul style="list-style-type: none"> • Atoms • Molecules. Molecules form when atoms combine.	Atoms don't change but molecules can. New atoms can't be made and atoms can't be destroyed (Conservation of matter).	Particle theory is an idea constructed by scientists to help us understand some aspects of the behaviour of matter ...
Why it is important for students to know this.	Because it helps to explain the behaviour of everyday things e.g., diffusion.	Because it explains the ability to compress things and helps to explain events such as expansion and dissolving.	Because it explains what happens in phase changes, e.g., the need to contain gases is evidence the particles are moving.	Because it explains the observable behaviours of different substances.	Because it explains why there are a limited number of elements, but many different kinds of compounds.	Because in any reaction involving matter, all of that matter must be able to be accounted for.	Because it helps students understand why the particle model is not perfect and because it gives some insights into how science works.
What else you know about this idea (that you do not intend students to know yet).	At this stage 'particles' is used in a general sense without discriminating between atoms and molecules. Subatomic structure. Chemical reactions. Ions. More complex properties of materials. ...						
Difficulties/limitations connected with teaching this idea.	The use of particular science models is not necessary to comprehend science in everyday life ...	There is a big difference between macro (seen) and micro (unseen) levels ...	That macro properties are a result of micro arrangements is hard to understand. ...	(As per Big Ideas A, B & C.)	Details about ionic and molecular structures. Fission and fusion reactions.		
Knowledge about students' thinking which influences your teaching of this idea.	Many students will use a continuous model (despite former teaching).	The notion of 'space' is very difficult to think about – most students propose there is other 'stuff' between the particles ...	Students have commonly encountered 'states of matter' but do not understand the ideas in terms of particle movement ...	Students internalise textbook models showing circles of the same size ...	Students can come to think that molecules 'disassociate' in boiling water ...	Atoms don't change ...	
Other factors that influence your teaching of this idea.	Maturity – stage of psychological development, readiness to grapple with abstract ideas. Dealing with many different student conceptions at once. Knowledge of context (students' and teacher's). Using the term 'phase' suggests the idea of a continuum ...						
Teaching procedures (and particular reasons for using these to engage with this idea).	Probes of student understanding: e.g., students draw a flask containing air, then re-draw the same flask with some of the air removed. Probes promote student thinking ...	POE (Predict-Observe-Explain): e.g., squashing syringe of air (ask students to predict the outcome based on different models of matter ...	Translation activities: e.g., role-play, modelling, drawing. For example, my life as a Carbon Atom; or, write about what you would see if you were inside a particle of water ...	Mixing activities: It can be helpful to model the mixing of different substances ...	POE (Predict-Observe-Explain): e.g., What is the vapour above boiling water? Students predict what happens to hydrogen and oxygen molecules when water is boiled ...		Historical research: Students investigate history of ideas about atoms and atomic structure and how scientists observing nature came to different interpretations of it ...
Specific ways of ascertaining students' understanding or confusion around this idea (include likely range of responses) Explaining thinking and defending views. Making predictions about new situations. Tracking one's own learning, e.g., "I used to think ..." Asking questions such as, "What is something that has been bothering you from yesterday's lesson?" ...						

<p><i>This Core is designed for students in Lower Secondary School, i.e., Years 7 – 9.</i></p>	<p>IMPORTANT SCIENCE</p>		
	<p>A: Matter is made up of small bits that are called particles.</p>	<p>B: There is empty space between particles.</p>	<p>C: Particles are in constant motion.</p>
<p>What you intend the <u>students</u> to learn about this idea.</p>	<p>If we break up substances, the smallest bit of substance we can get is a particle.</p>	<p>The relative distances between particles differs in solids, liquids and gases.</p>	<p>Particles of matter are always moving. The speed of particles can be changed (by heating/cooling, pressure change) ...</p>
<p>Why it is important for students to know this.</p>	<p>Because it helps to explain the behaviour of everyday things e.g., diffusion.</p>	<p>Because it explains the ability to compress things and helps to explain events such as expansion and dissolving.</p>	<p>Because it explains what happens in phase changes, e.g., the need to contain gases is evidence the particles are moving.</p>
<p>What else <u>you</u> know about this idea (that you do not intend students to know yet).</p>	<p>At this stage ‘particles’ is used in a general sense without discriminating between atoms and molecules. Subatomic structure. Chemical reactions. Ions. More complex properties of materials. ...</p>		



Difficulties/ limitations connected with teaching this idea.	The use of particular science models is not necessary to comprehend science in everyday life ...	There is a big difference between macro (seen) and micro (unseen) levels ...	That macro properties are a result of micro arrangements is hard to understand. ...
Knowledge about students' thinking which influences your teaching of this idea.	Many students will use a continuous model (despite former teaching).	The notion of 'space' is very difficult to think about – most students propose there is other 'stuff' between the particles ...	Students have commonly encountered 'states of matter' but do not understand the ideas in terms of particle movement ...
Other factors that influence your teaching of this idea.	Maturity – stage of psychological development, readiness to grapple with abstract ideas. Dealing with many different student conceptions at once. Knowledge of context (students' and teacher's). Using the term 'phase' suggests the idea of a continuum ...		



Teaching procedures (and particular reasons for using these to engage with this idea).

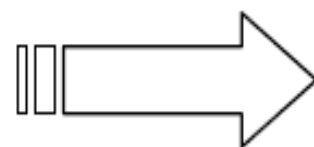
Probes of student understanding: e.g., students draw a flask containing air, then re-draw the same flask with some of the air removed. Probes promote student thinking ...

POE (Predict-Observe-Explain): e.g., squashing syringe of air (ask students to predict the outcome based on different models of matter ...

Translation activities: e.g., role-play, modelling, drawing. For example, my life as a Carbon Atom; or, write about what you would see if you were inside a particle of water ...

Specific ways of ascertaining students' understanding or confusion around this idea (include likely range of responses)

....
Explaining thinking and defending views.
Making predictions about new situations.
Tracking one's own learning, e.g., "I used to think ..."
Asking questions such as, "What is something that has been bothering you from yesterday's lesson?" ...



PaP-eRs (教育学的・専門的経験のレポーター)

- PaP-eRは、教授されるべき理科の内容の特定のピース・側面に特化したナラティブな記述である。PCKのある一面について、教員の考えをしっかりと見極め、科学的内容の特定の一部を教えるにあたって用いられた推論・思考・行動を明らかにするのである。
- PaP-eRs は、教師のPCKの相互的要素について詳細に述べ、洞察を行うことで、読み手自身に省察を促す。
- PaP-eRsの「語り手」は、描き出そうとするものによって異なる。
- PaP-eRs はCoReを補完し命を与え、PCKの総体的な本質と複雑さを捉える一つの方法を提示する。

PaP-eRs

- PaP-eRsは、読者に詳細な記述を通して、意義深い方法で教えることへの省察を提供することを目指している。
- PaP-eRs は、教師のみにかぎらず、生徒の視点もあり、インタビューや授業観察、教師の実践の省察といった形をとる。
- PaP-eRは、トピックのCoReに関連づけられる多くのものの一つである。
- CoReとそのPaP-eRsは、思考を活性化したり、教師が既存の実践を新しい目で見直す手助けとなるリソースポートフォリオを形成する。

理科教師とPCK

- CoResとPaP-eRsの概念化に慣れておくと、実践に関する知識の発達と共有に役立つ。
- PCKは、理科の教授と学習が持ちうる本質とは何かを考える一つの方法を提供する。
- CoReとPaP-eRsのアプローチは、教師にとってPCKをより身近で使いやすいものにしてくれる。

理解を目指して理科を教えること

- CoReとPaP-eRsは、教師が理科を教える際に教科内容的知識にとどまらず、重要な概念まで考える手助けになる。
- CoResは、理解を目指した教え方の構造を提示する。
- PaP-eRsは、教えることに関する細やかな見識を提供する。
- リソースフォリオ (CoResとPaP-eRsの組合せ) をカリキュラムのアプローチとして用いると、理科を教えることの構造化への新しいアプローチの可能性が見えてくる。

専門的な学びへのアプローチ

- 理科を教えることをPCKというレンズを通して考えることは、教職の専門性に関する学びや専門的成長のビジョンを育成する。
- PCKを意識することで、理科を教えることに関わる学びを追求したり、教える内容と教え方をよりよく調整する方法が見えるようになる。
- 理科を教えることについて、教師がより深く理解すれば、生徒の学びにも影響することは明らかである。

結びに

- PCKは重要であり、CoReとPaP-eRsは教師らの仕事においてPCKを「具体化する」手助けをする。
- リソースフォリオは、PCKを有効化し、実践における専門性知識について、理科の教授と学習における本質を具体化して描き出す建設的かつ意義ある方策を考えることの価値を強調する。
- 研究では、リソースフォリオ（CoReとPaP-eRsの組合せ）が、（教育実習生ならびに現職教員による）理科を教えることについての学びを高め、有益かつ価値あるものと受け取られていることが明らかになった。