

博士論文

---

---

レディーミクストコンクリート工場における  
若手技術者の配合設計の実践的教育

*(Practical Education of Mixture Design for Young Engineers at  
Ready-mixed Concrete Plants)*

---

---

2016年3月

平山 順一

Junichi HIRAYAMA

山口大学大学院 理工学研究科

# 目次

学位論文の要旨（和文）	i
Abstract	iii
第1章 序論	
1.1 研究背景	1
1.1.1 日本経済の現況	1
1.1.2 人口減少社会の到来	1
1.1.3 建設投資の変遷	3
1.1.4 製造業における就業者の減少と課題	5
1.2 生コン製造業	7
1.2.1 生コン製造業の特徴	7
1.2.2 生コン製造業の現況	8
1.2.3 生コン製造業における技術者の減少と課題	9
1.2.4 配合設計	10
1.3 ナレッジマネジメント	12
1.3.1 ナレッジマネジメントの必要性	12
1.3.2 ナレッジマネジメントの概要	12
1.3.3 暗黙知と形式知	13
1.3.4 SECI モデル	13
1.3.5 ナレッジマネジメントと「場」	15
1.3.6 ナレッジマネジメントのタイプ	15
1.3.7 狭義のナレッジマネジメントと広義のナレッジマネジメント	16
1.3.8 経験学習モデル	16
1.3.9 配合設計とナレッジマネジメント	17
1.4 研究目的	19
1.5 本論文の構成	21
第2章 既往の研究と本研究の位置づけ	
2.1 建設分野のナレッジマネジメントに関する既往の研究	25
2.2 建設分野の教育に関する既往の研究	27
2.3 建設分野の技術継承に関する既往の研究	30
2.4 そのほかの関連事例研究	32
2.5 本研究の位置づけ	33

第3章 生コン技術教育の現状とニーズに関するアンケート調査	
3.1 概説	35
3.2 アンケート方法	36
3.3 アンケート調査結果	42
3.3.1 年齢層別の重要度	42
3.3.2 教育方法別の総合評価値	43
3.3.3 取得資格別の重要度	47
3.4 アンケート結果の要点	48
第4章 生コンの配合設計教育のための標準配合・材料の変遷の調査	
4.1 概説	49
4.2 生コン技術の周囲の状況の推移	51
4.2.1 生コンの出荷量と価格の推移	51
4.2.2 山口県のコンクリート骨材事情	52
4.2.3 生コン技術に関わる主な出来事	54
4.3 山口県の工組配合の変遷	57
4.3.1 工組配合の変遷(1978～2005)	57
4.3.2 単位絶対容積	57
4.3.3 単位水量	58
4.3.4 水セメント比(W/C)	59
4.3.5 単位セメント量	61
4.3.6 細骨材率(s/a)	62
4.3.7 工組配合(2005年)の決定過程	62
4.4 山口県の工場配合の現状	64
4.4.1 工場配合の現状	64
4.4.2 単位水量および単位セメント量	64
4.4.3 水セメント比(W/C)	65
4.4.4 細骨材率(s/a)	66
4.5 標準配合変遷の要点	67
4.6 まとめ	68
第5章 生コン工場における若手技術者の配合設計のグループ学習	
5.1 概説	71
5.2 グループ学習による教育の目的	71
5.3 アンケート調査	73
5.3.1 アンケートの目的	73
5.3.2 アンケート調査の被験者	73
5.3.3 アンケート調査の項目と方法	74

5.4	配合設計のグループ学習	75
5.4.1	学習の目的	75
5.4.2	学習の流れ	77
5.4.3	学習の手順	80
5.4.4	配合設計条件	81
5.4.5	試し練りの方法および測定項目	81
5.4.6	得点評価	82
5.5	グループ学習の結果	84
5.5.1	個人別配合の決定過程	84
5.5.2	個人別配合の結果の比較	84
5.5.3	チーム別配合の決定過程（ステップ1）	87
5.5.4	試し練りの結果（ステップ1）	87
5.5.5	チーム別配合の決定過程（ステップ2）	89
5.5.6	試し練りの結果（ステップ2）	91
5.5.7	圧縮強度試験の結果	92
5.5.8	実習結果の評価	92
5.6	アンケート調査の検討結果	93
5.7	集合教育	99
5.8	まとめ	103
第6章 結論		
6.1	本研究のまとめ	105
6.2	今後の課題と研究展望	108
6.3	本論文に関する著者の発表論文	109
参考文献		111

## 学位論文の要旨

平山 順一

長年続く経済の低迷と「人口減少・超高齢社会」を同時に迎え、ベテラン人材が大量に定年退職し、技術の維持・継承が困難な状況になるなか、将来中核となる技術者のレベルを維持・強化し、円滑に技術の継承を進めていくための環境整備を図ることが重要になってきている。

本研究は、生コン製造業の技術継承を題材として選び、実践教育の取り組みを行ったものである。生コンは、製造直後の練り上がり時点ではフレッシュな状態の性状をもっており、半製品の状態で顧客に引き渡され、施工と時間を経て構造物となっからはじめて製品となるといった、他の工業製品にはみられない特殊性を有する。しかしながら少人数の技術者で運営・管理・製造する地方の生コン工場では、特に技術教育の機会や、特殊工事の経験も少なく、継続的な技術向上を図ることが困難である。そのため、若手技術者を教育・育成するには、会社や工場の枠組みを超えて教育組織を形成することが必要となってくる。また地域単位で熟練技術者の個々人が持つ様々な材料、配合設計、品質管理といった経験・知識を知的財産として管理し、情報共有する仕組みが必要となってくる。同じ地域の生コン工場では、セメント・骨材調達事情や建設環境など、類似する懸念事項や課題があり、情報共有のメリットは大きい。今後もこれらの生コン製造業の特徴を活かした技術継承方法が有効と考えられる。本研究では、生コン業界における技術継承の仕組みづくりのため、まず生コンの品質管理に大きく関わる“配合設計”をプロトタイプとして、その学習プログラムを計画・実施した。

本論文は、序論を含め、6章から構成されており、各章の内容を以下に概説する。

「第1章 序論」では、長年のデフレ不況下にあった日本経済、急激な人口減少と少子高齢化が進む日本社会、そしてこれらの影響による公共投資等の縮減と製造業の「2007年問題」を取り上げ、生コン製造業を取り巻く周囲の状況や“技術者の減少と課題”について、さらに他の技術とは異なった特殊性を持つ“配合設計”について説明した。次に技術継承のための仕組み作りに必要な基礎理論としての“ナレッジマネジメント”について概説した。最後に本研究の特徴と目的を明確にした。

「第2章 既往の研究」では、建設分野における既存のナレッジマネジメントシステムの事例、教育に関する事例、および技術継承の取り組みの事例を中心に、学習プログラムの計画・実施に参考となる文献のレビューを行った。生コン工場における技術継承のための仕組みづくりのため、熟練技術者から若手技術者への知識伝承の支援を行う方法論を中心に、各分野でこれまで行われた研究報告をレビューした。

「第3章 生コン技術教育の現状とニーズに関するアンケート調査」では、生コン技術の教育を行う側と受ける側のそれぞれの立場の技術者が、どのような教育内容が重要と考え、また将来に向けて教育方法をどのように改善すべきと考えているか（教育のニーズ）を調べるために、山口県内の生コン工場の技術者を対象に、階層化意思決定法(AHP)を用いたアンケート調査を実施した。

「第4章 生コンの配合設計教育のための標準配合・材料の変遷の調査」では、山口県において生コンが普及してきた高度成長期以降のコンクリート製造技術、特にその技術の中核というべき“配合設計”技術を辿り、社会情勢や設計規準・技術の進歩とともに整理を行った。その中で生コン技術者の先人達が、周囲の状況に対応するために検討・改善実績を積み重ねてきた軌跡を辿り、若手技術者に対する生コンの実践的な配合設計の教育に活用した。

「第5章 生コン工場における若手技術者の配合設計のグループ学習」では、生コン技術のうち、他の工業製品にみられない特殊性をもつ“配合設計”の効果的な教育方法の策定、実施および検証を目的として、山口県中部地区の各工場から集まった生コン技術者を対象に“生コン工場における若手技術者のためのグループ学習”を行った。グループ学習では、「学びの機会」と「場づくり」の目標を定め、これまで使用したことのない骨材等を用いて、若手・熟練技術者を対象に、品質目標に近いコンクリートの作製を競い合いながら、その教育の場の事前・事後において適宜アンケート等を取りながら、生コンの技術教育効果について、検討・評価を行った。それに基づいて、生コンの若手技術者の有効な教育方法についても考察を加えた。

「第6章 結論」では、本論文の研究成果を要約するとともに、今後の研究課題と展望について述べた。

Abstract

HIRAYAMA Junichi

The demand for ready-mixed concrete in Japan has decreased in recent decades because various budgets for civil infrastructure have been reduced. Moreover, a large number of skilled engineers will retire in the near future. Young engineers working at ready-mixed concrete factories have little opportunity to study the mixture design of concrete, while technical knowledge should be appropriately transferred from experienced engineers to young engineers. The study focuses on the technology succession (education), such as technical information of mixture design. The lack of knowledge in mixture design is a concern, especially to young concrete engineers in Japan. The aim of the present study is to develop an effective education program for young engineers via the practical education of mixture design.

The present thesis consists of 6 chapters, and contents of each chapter are shown below:

In “Chapter 1 “Introduction”, the background and purpose of the present study are presented. This chapter firstly presents the decrease of the demand for ready-mixed concrete under the deflation in Japan in recent decades, reduction of various budget for civil infrastructure, and shortage of engineers due to retirement of a large number of skilled engineers in the near future. The characteristic of industry of the ready-mixed concrete is addressed, and the particularity of the technology for ready-mixed concrete is described. In addition, theory of knowledge management and “SECI model” are explained as a knowledge creation process. The objectives and characteristics of this thesis are described at the end of this chapter.

In Chapter 2 “Literature Review”, previous studies dealing with knowledge management system in construction industry, technology education, and case studies of technology succession are reviewed. The chapter makes clear the research significance of this study by referring to and comparing to the previous reports.

Chapter 3 “Questionnaire Survey of Engineering Education in Ready-mixed Concrete Plants” describes that the questionnaire investigation was conducted to survey the present and future-desired education systems in ready-mixed concrete plants. According to the questionnaire investigation, most ready-mixed concrete engineers are considering "Safety" as the highest important education, regardless of experience (age). The survey may emphasize that most engineers desire "Workshop" in the future as one of the important teaching methods in each field. To improve the technical knowledge and skill of the concrete engineers, further education opportunities especially for young engineers should be increased continuously. Such education

system must contribute to the modern civil infrastructures and sustainable development of the society as well as the ready-mixed concrete factories in local cities.

Chapter 4, “Investigation on Mixture Proportions and Materials of Ready-mixed Concrete”, presents the investigation of “variation of standard mixture proportions” for ready-mixed concrete in Yamaguchi, and summarize the influencing factors on the mixture design. Concrete is one of indispensable construction materials for civil infrastructure, and ready-mixed concrete plants have to supply high-quality products stably. For the purpose, it is also a social responsibility of the industry to develop an effective technical succession to concrete engineers of next generation. Most important technical issue in the ready-mixed concrete suppliers must be mixture proportion of concrete. The investigation results indicate that changes of materials and design codes for concrete structure have been most influencing factors. The investigation is used for practical education of mixture design shown in the following chapter.

Chapter 5, “Small-group Learning of Mixture-design for Young Engineers at Ready-mixed Concrete Plants”, aims to reeducate fundamental mixture-design method and to develop an effective education program for young engineers. Engineers working at a ready-mixed concrete factory have little opportunity to study mixture design of concrete due to developed technologies and shortage of workers. A concern is the lack of knowledge of mixture-designing especially for young engineers working at ready mixed concrete plants. To study properties of former concrete, river aggregate was employed and a competition of mixture design for the concrete was conducted. The educative competition confirmed that practiced engineers have more superior skill to modify concrete design than young engineers. A questionnaire survey after the competition shows that the education method for the young engineers should be modified to learn the skill and experiences from skilled engineers. Based on the practical and trial learning, this chapter discusses the effective education method (program) for young engineers working at ready-mixed concrete plants.

Chapter 6, “Summary”, shows conclusions of this study, and describes further studies in the future.



---

---

# 第 1 章

## 序論

---

---

第1章 序論

1.1 研究背景

1.1.1 日本経済の現況

長年に及ぶデフレ不況からの出口がようやく見えはじめ、現在の日本経済は、およそ四半世紀ぶりの良好な経済状況がみられるようになってきている。バブル崩壊後の日本経済は、低成長を続け、「失われた20年」と称される。実際に1980年度からバブル崩壊までの実質経済成長率（平均値）が4.3%に対し、バブル崩壊後から2011年度までの実質経済成長率（平均値）は0.8%であり、過去20年間にわたるデフレ経済は深刻な影響をもたらした（図-1.1.1）。加えて2008年のリーマンショック後の急激な景気悪化と円高による国内産業の空洞化、さらに2011年3月に発生した東日本大震災は未曾有の被害をもたらし、サプライチェーンの寸断や計画停電といった事態もあり、日本経済に深刻な影響を与えた。こうした度重なるショックに見舞われた日本経済の再生を実現するために、経済の成長力を一段と強化することが喫緊の課題となっている（参議院経済産業委員会調査室，2013）。

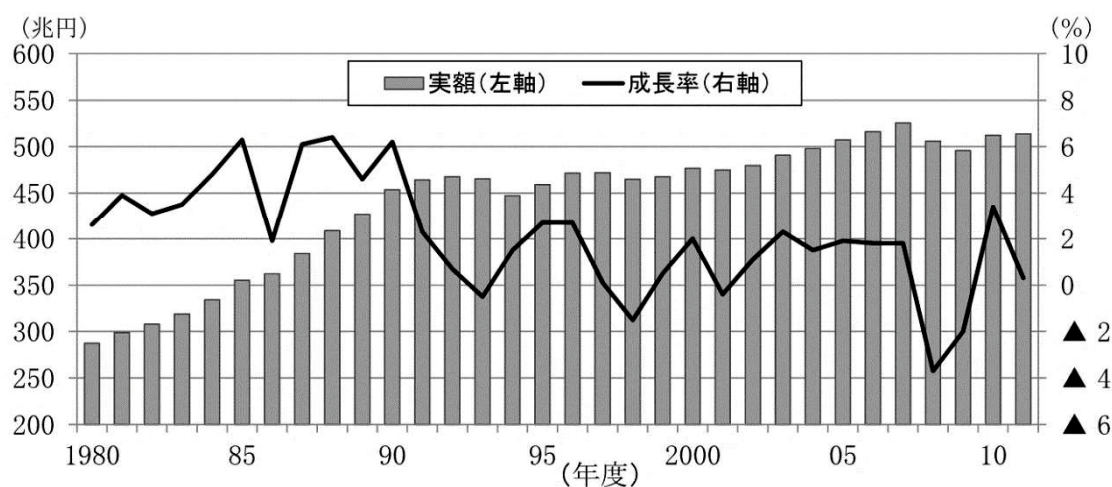


図-1.1.1 実質 GNP 及び同成長率の推移（参議院経済産業委員会調査室，2013）

1.1.2 人口減少社会の到来

我が国は現在、世界に先駆けて「人口減少・超高齢社会」を迎えている。日本の総人口は、戦後の第1次ベビーブーム（1947年～1949年）、第2次ベビーブーム（1971～1974年）等を経て、一貫して人口増加傾向であったが、人口のピークである2008年に1億2,808万人に達した以降、人口減少は加速度的に進み、急激な人口減少、少子化、異次元の高齢化が進行することが予測されている（図-1.1.2）。

## 第1章 序 論

我が国の総人口は、長期の減少過程に入っており、2030年には人口が現在と比べて1,000万人減ることが予想されている。1億2,000万人を下回った後も減少を続け、2048年には1億人を割って9,913万人となると推計されている。

65歳以上の高齢者人口は、1950年には総人口の5%に満たなかったが、1970年に7%を超え、さらに1994年には14%を超えた。65歳以上の高齢者人口は、2014年10月現在、過去最高の3,300万人となり、総人口に占める割合（高齢化率）も26.0%と過去最高となった。今後、「団塊の世代」が75歳以上となる2025年には3,657万人に達すると見込まれている。総人口が減少する中で高齢者が増加することにより高齢化率は上昇を続け、2035年には33.4%で3人に1人となる（経済産業省・平成25年度ものづくり白書，2013）。

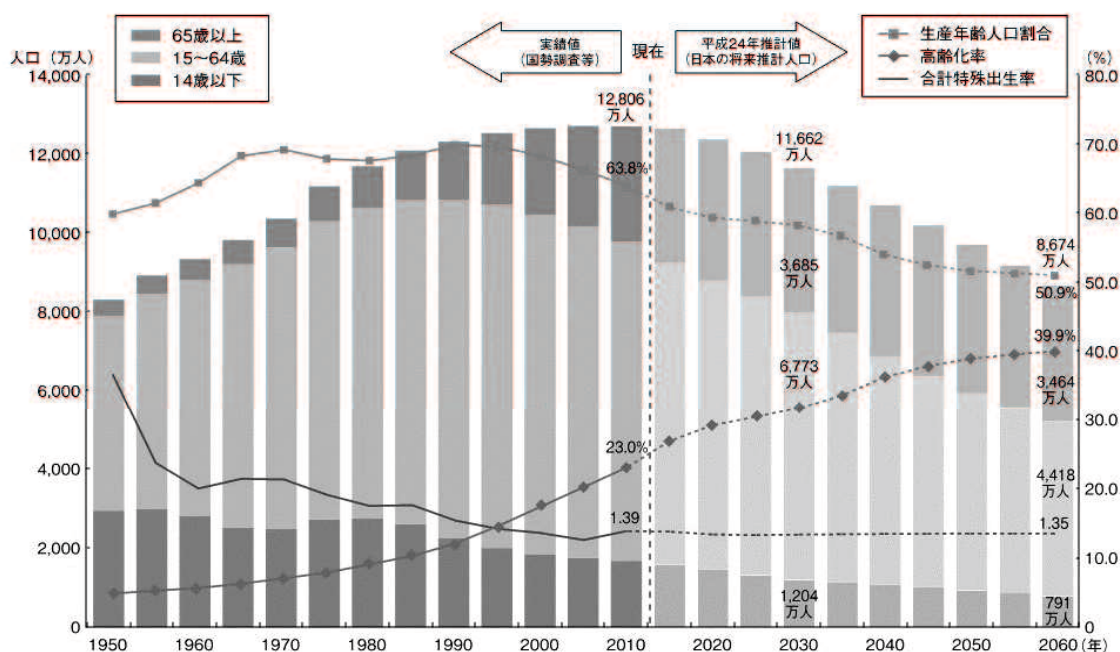


図-1.1.2 日本の人口の推移（経済産業省・平成25年度ものづくり白書，2013）

1.1.3 建設投資の変遷

日本の建設投資は、社会経済活動に与える影響は極めて大きい。過去35年余を振り返ると、1992年の84兆円をピークにバブル経済の崩壊とともに減少基調となり、1995年度の阪神・淡路大震災後の1996年度には一時的に増加に転じたものの、デフレの進行に伴い、長期にわたって一貫して減少傾向を辿った。加えて2008年のリーマンショック後の急激な景気悪化と円高も影響し、2010年度には42兆円と、1992年度の半分程度まで減少した。その後は東日本大震災からの復興等による反転・上昇がみられる（図-1.1.3）。

また20年近くに及ぶ建設市場の一貫した縮小局面のもとで、就業者数が減少する中、技術労働者の著しい高齢化が進行した。若者の採用を抑制し続けた結果、団塊の世代が高齢化しており、早急に世代交代を実現しなければ建設業の生産体制が破綻しかねない危機的な状態に陥っている（日本建設業連合会、2015）。

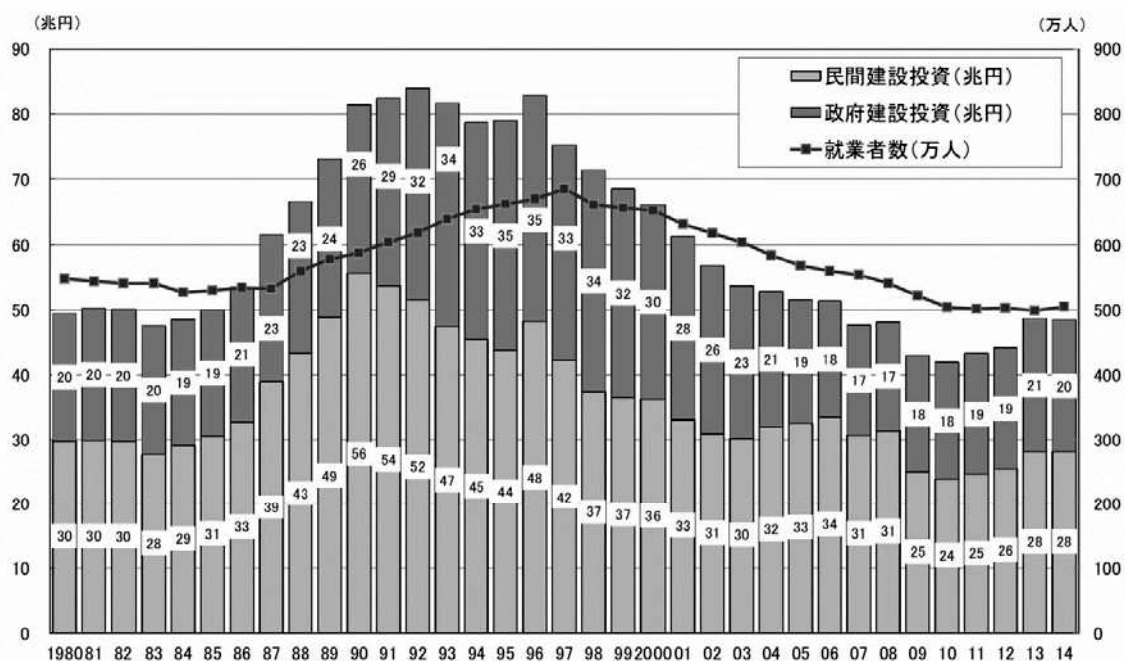


図-1.1.3 建設投資および就業者数の推移

(日本建設業連合会、再生と進化に向けて・建設業の長期ビジョン、2015)

## 第1章 序論

公共投資をみてみると、1980年度から1990年度までは20兆円台で推移している。1990年の日米構造協定を契機として、内需拡大とそのため公共投資の拡大を図るべく、1991年度からは規模を増大させ、バブル崩壊後の1995年度には、阪神・淡路大震災の復旧・復興のための財政出動も重なり、約45兆円に達し、公共事業のピークとなった。1990年代後半以降は財政赤字の累積への懸念や、公共事業の長期的な政策効果に対する疑問が表されるようになり、2001年度に発足した小泉内閣では、財政再建を掲げ、歳出削減の一環として、公共事業費の抑制政策が進められた。さらに2009年に誕生した民主党政権により「コンクリートから人へ」のスローガンのもとで公共事業は大幅に削減され、2010年度にはピーク時の約半分の17兆円程度まで減少した（図-1.1.3）。

次にGDPに占める公共投資の割合を図-1.1.4にみてみると、1980年度から2000年度まで6%から9%台で推移していた。ところが2001年6月に政府が主要先進国の水準も参考としつつ、公共投資の対GDP比率を中期的に引き下げていく必要があるとの方針を閣議決定し、世間の公共投資への批判と相まって、削減の方向が決定的となり、2005年度以降は4%台で推移している。その後、2011年3月に発生した東日本大震災や2012年12月の笹子トンネル天井板崩落事故等を契機に、防災・減災や老朽化した社会資本整備の更新投資の必要性が強く認識され始めている（参議院経済産業委員会調査室、2013）。

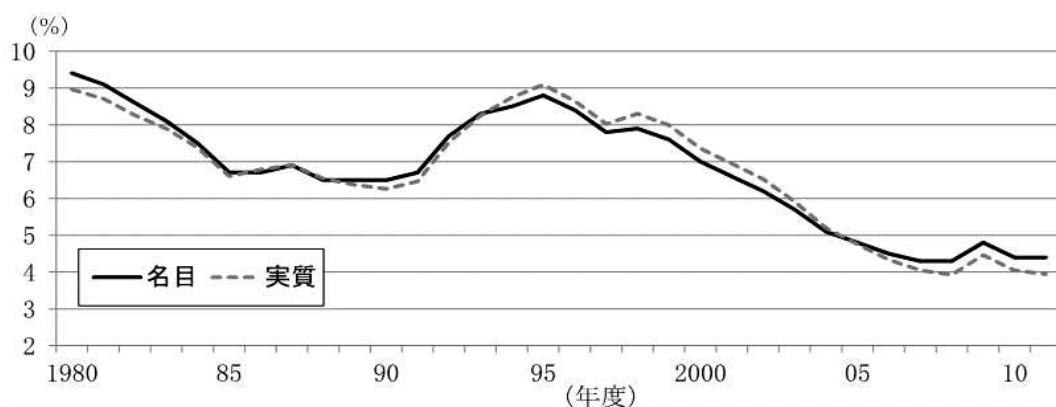


図-1.1.4 GDPに占める公共投資の割合（参議院経済産業委員会調査室、2013）

### 1.1.4 製造業における就業者の減少と課題

ものづくり産業である製造業の就業者数は、1990年に1,484万人、2010年に1,060万人と減少傾向であり、ここ10年の間にも約200万人減少している。このような中で、60歳以上の就業者数が、逆に20万人以上増加しており、その就業者全体に占める割合も、2002年には約11%であったものが、2012年には約15%にまで上昇している。この動きは2007年以降顕著となっており、企業規模にかかわらず、各企業が継続雇用制度を導入し高年齢技術者を、一般労働者と同様に戦力として活用している様子がうかがえる（図-1.1.5）。

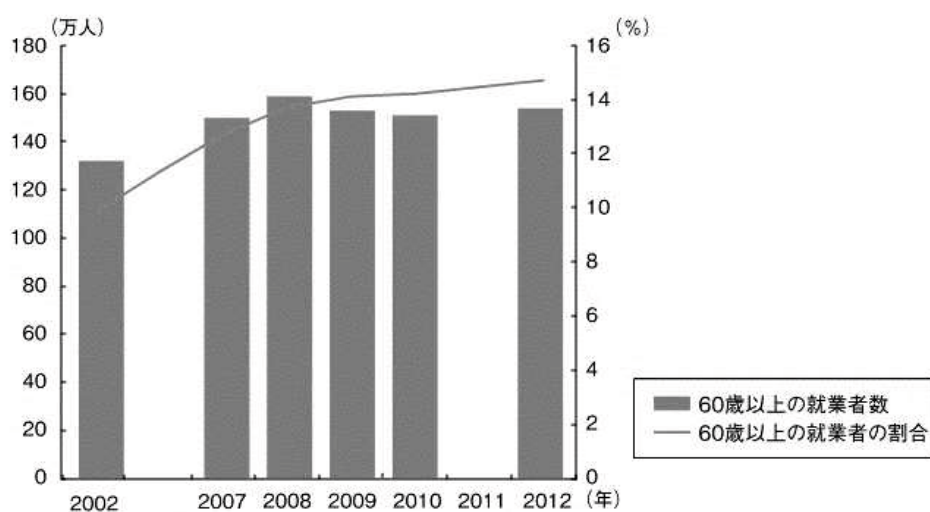


図-1.1.5 製造業における60歳以上の就業者数及び就業者の割合の推移  
(経済産業省・平成25年度ものづくり白書, 2013)

ものづくり労働者が主として従事する製造業は、我が国の経済社会発展の基盤となる業種であり、今後とも我が国経済が健全に発展していくためには、製造業におけるものづくり労働者の確保・育成が重要である。また、ものづくりを支えてきた優れた技術を今後とも的確に維持・継承をしていく必要がある（経済産業省・平成25年度ものづくり白書, 2013）。

こうした中で、2007年から「団塊の世代」が一斉に退職し、これまでのベテラン労働者が培ってきた技術やノウハウをどのように継承していくか等の問題（以下、「2007年問題」と称す）が注目されてきた。我が国では少子高齢化が、他の先進国に先駆けて急速に進展し、これまで我が国経済成長を支えてきたベテラン人材の減少が懸念されている。

厚生労働省による「2007年問題」に対する危機意識の要因についての「能力開発基本調査」（2005）からは、全産業では“意欲のある若年・中堅層の確保が難しい”とする企業の割合が63.2%と最も高いが、製造業では“技能・ノウハウ等継承に時間がかかり、

円滑に進まない”とする企業の割合が 68.5%と最も高くなっているのが特徴である（図-1.1.6）。また，“教える方と教わる方の年代・レベルの差が開き過ぎていて、コミュニケーションが厳しい”とする企業の割合が 41.9%と全産業（35.9%）と比較して高くなっている。次に企業規模別（正社員規模別）にみると、正社員 100 人未満の中小企業では，“意欲のある若年・中堅層の確保が難しい”や“教える人材がない”の割合が 100 人以上の企業より相対的に高いことがわかる（図-1.1.7）。

製造業における「2007 年問題」に対するこれまでの取り組みは、必要な者を雇用延長等し、指導者として活用しつつ、「新規若年者の採用」や「中途採用」を増やし、中長期的視点を持って「教育訓練により、若年・中堅層に対する継承」や「継承すべき技術・ノウハウ等の文書化等」を図ることで対処することであった。また、人材育成の問題点として、「指導する人材が不足している」ことが挙げられている。このため、今後も続くベテラン人材の退職に伴い、円滑に技術の継承を進めていくための環境整備を図ることが重要になってきている。将来中核となる技術者のレベルを維持・強化することが極めて重要となる。具体的には、ベテランの持つ知識、ノウハウを継承し、将来の製造現場の中核となる人材を育成するシステムの構築が強く望まれている。ベテラン人材が大量に定年退職し、技術の維持・継承が困難な状況になる中、中核人材の育成は個々の企業で体系的に対応することがますます重要な状況となっている（経済産業省平成 17 年度ものづくり白書、2005）。

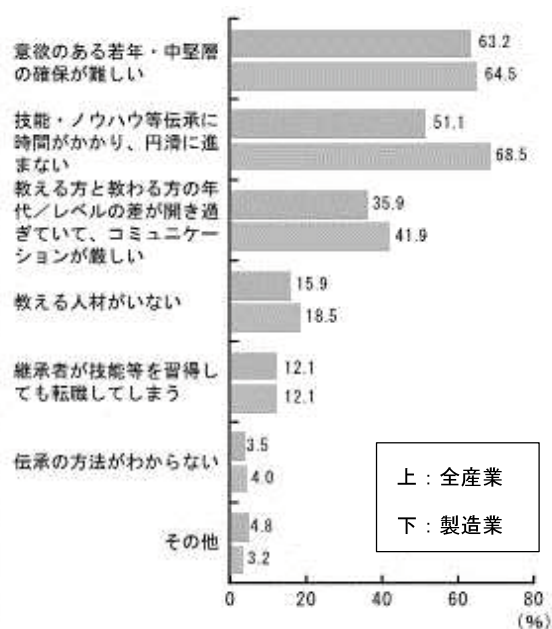


図-1.1.6 2007 年問題に対して危機意識を持った要因（製造業・全産業）  
（経済産業省 平成 17 年度ものづくり白書、2005）

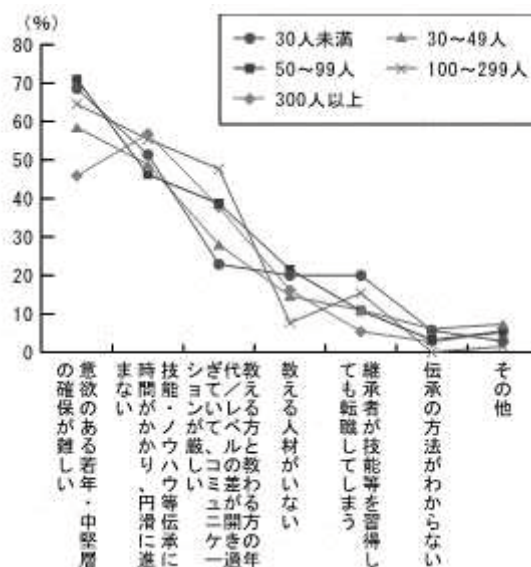


図-1.1.7 2007年問題に対して危機意識を持った要因（全産業）  
（経済産業省 平成17年度ものづくり白書，2005）

## 1.2 生コン製造業

### 1.2.1 生コン製造業の特徴

レディーミクストコンクリート（以下、生コンと称す）は、「整備されたコンクリート製造設備をもつ工場から、荷卸し時点における品質を指定して購入することができるフレッシュコンクリート」と定義されている。レディーミクストコンクリートの品質は、JIS A5308（レディーミクストコンクリート）に規定されているが、他の工業製品と異なり、半製品の状態で購入者に引き渡されるのが大きな特徴である。建築・土木用に使われているコンクリートは、そのほとんどが生コンの形で使用されており、社会基盤づくりの中心的な素材となっている。生コンは、セメントと砂や砂利などの骨材と水を主な材料として製造される。生コンは、まだ固まらない半製品の状態で出荷され、品質が時間経過とともに変化していくことから、JIS規格により製造してから90分以内で使用しなければならないと規定されている。このために生コン工場は全国に分散して立地しており、使用材料も地域によって異なる。

生コン工場は、製造工程が単純であり、比較的小さい投資額で設立できることから、資本の小さい中小企業や零細企業が多い。地域ごとに生コン需要は大きく異なり、大都市圏の大型工場では、月産10,000m<sup>3</sup>を超す工場もあるが、特に地域の生コン工場においては、1,000m<sup>3</sup>程度の工場も少なくない。また需要の変動より出荷量は大きく変動する。他製造業に比べ、工場稼働率も低く、全国的に設備の過剰感があり、これまで地域ごとに工場の集約化による需要の適正化や人員削減が図られてきた（吉兼，2009）。



生コン製造設備は IT 技術の導入もあって合理化がすすみ、製造能力が著しく向上した。しかしながら生コンは半製品であり、材料品質が常に変化し、気温や輸送距離等がすべて異なる条件下でも、時々刻々と品質が変化しいていく中で、どのような規模の工場においても JIS 規格等の規格要求や顧客要求に対応した製品を製造する必要がある。そのため各工場には、生コンのもつ特性に習熟した生コン技術者の介在が不可欠であり、工場の無人化による合理化は困難であると考えられる。

### 1.2.2 生コン製造業の現況

全国の生コン出荷量および工場数の推移を図-1.2.1 に示す。生コン出荷量は 2011 年 3 月に発生した東日本大震災による復旧・復興事業のため、2010 年を底として若干増加したものの、2000 年度の 14,948 万 m<sup>3</sup>から 2014 年度までの 15 年間で約 37%減少した。過去最大の出荷量であった 1992 年の 197,997 千 m<sup>3</sup>と比較すると、約 53%の減少と半分以下となっている。この背景には、この期間の景気悪化による設備投資の減少や公共事業の削減が大きく影響している。生コン工場数も 2000 年度の 4,662 工場から 3,406 工場に約 27%減少した。過去最高の出荷数を記録した 1992 年と比較すると約 33%減少している。需要の縮減に伴う生コン工場の集約化の進行の影響であるが、需要量の約 53%と比べると減少幅は小さい。今後は、東京オリンピック関連の特需や東日本大震災の震災復興需要や、国土強靱化のための公共投資の強化により需要の持ち直しも予想される。一方、工事現場での職人不足による工事の遅れの影響が出荷量に影響してきており、防災・減災を柱とする都市部の再開発、東日本大震災の被災地に至るまで広くこの影響を受け、需要回復の足かせとなっている。

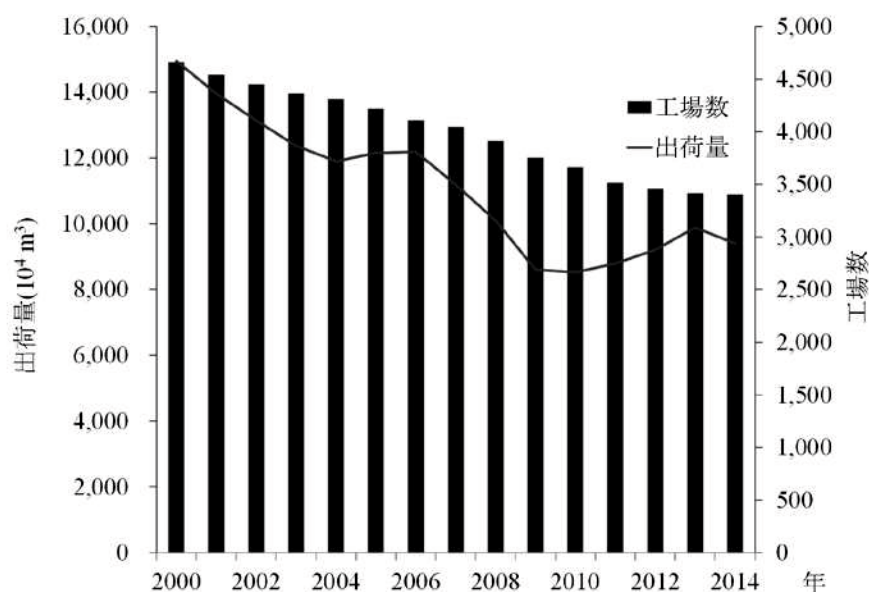


図-1.2.1 生コン出荷量および工場数の推移（全国）

（全国生コンクリート工業組合連合会・全国生コンクリート協同組合連合会，2015）

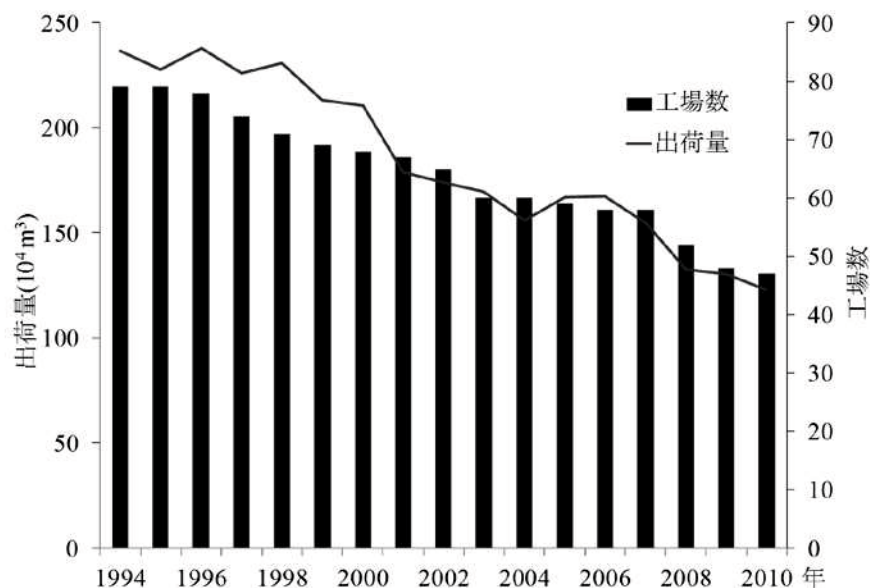


図-1.2.2 生コン出荷量と工場数の推移 (山口県)  
(経済産業省:生コンクリート統計年報 平成4年～平成22年)

山口県においても、近年、全国の生コン製造業と同様に出荷数の減少および工場数の減少がすすんだ。山口県の生コン出荷量および工場数の推移を図-1.2.2 に示す。生コン出荷量は、1994年度の2,307千m<sup>3</sup>から2010年度までの16年間で、約47%減少の1,227千m<sup>3</sup>にまで減少した。山陽新幹線工事および中国自動車道、山陽自動車道の特需もあった1973年の出荷量のピーク時と比較すると、過去40年間で約1/3に減少している。この背景には、この期間の景気悪化による設備投資の減少や公共事業の削減が大きく影響している。生コン工場数も1994年度の79工場から、2010年度は約40%減少の47工場にまで減少した。需要の縮減に伴う生コン工場の集約化の進行の影響であり、今なお低下傾向は底を打たずに続いている。

### 1.2.3 生コン製造業における技術者の減少と課題

全国の生コン工場における試験部門の従業者（技術者）数は1994年度の11,511名から2010年度の5,955名へと約半数にまで減少しており、一工場当たりの技術者数は1.63名と2名以下となっている。

山口県の生コン工場における1994年度から2010年度の16年間の試験部門の従業者（技術者）数と一工場当たりの従業員数の推移を図-1.2.3 に示す。試験部門の技術者数は1994年度の203名から2010年度の108名へと約半数にまで減少しており、一工場当たりの技術者数は2.3名と全国よりもやや大きい。また生コン製造業の一工場当たりの従業者数も11.0人から7.5人と約32%減少している。この背景には、長引くデフレ不

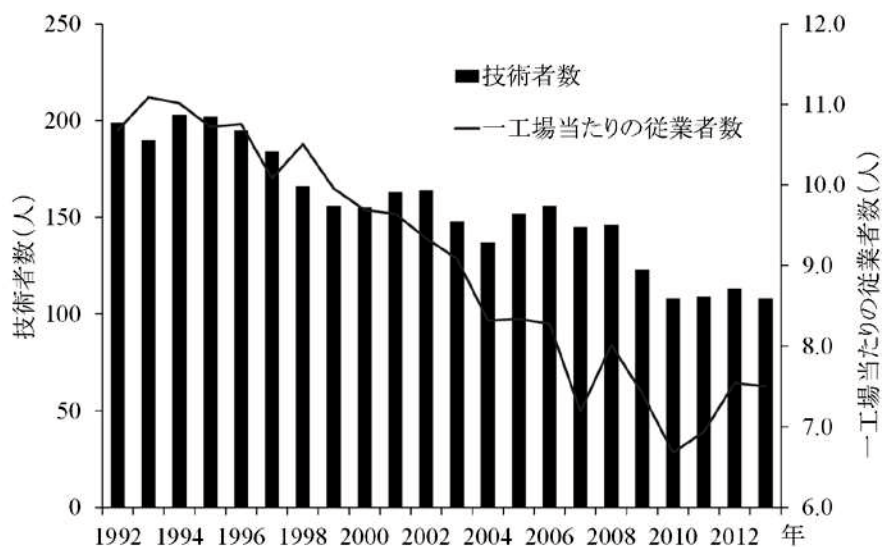


図-1.2.3 試験部門の技術者数と一工場あたりの従業者数(山口県)  
 (経済産業省:生コンクリート統計年報 平成4年～平成25年)

況下での人員削減と合理化, 生コン需要の縮減, さらには熟練技術者の大量引退が重なったことがある。

このような技術者数減少の影響は, 生コン工場の技術教育にも影響を及ぼしている。一工場の中で, 試験部門の従事者が2名前後という状況からは, 社内の技術教育が各工場単位で十分に行われているかが懸念される。また外部での講習会や社外教育の機会があったとしても, 工場要員の不足から, 参加が困難になっているのが現状である。このことから山口県においては, 個々の会社レベルでは若い技術者の育成が社内的にも, 社外的にも困難な環境となっていることがわかる(平山・吉武ら, 2014)。

#### 1.2.4 配合設計

生コン工場において技術者が習得し, 継承する必要がある技術には, 主に品質管理(品質), 安全・衛生管理(安全), 環境保全・汚染予防管理(環境), 製造設備管理(製造)に必要な知識・手順・心構え等がある。また, ひとりの生コン技術者が, これらのすべての技術を習得する必要がある。技術継承のためには, 教育内容ごとに効果的な教育方法を検討する必要がある。

そのうち製品品質に直接関係のある品質管理の中核となる“配合設計”は, 生コンが半製品の状態で購入者に引き渡されることがから, 他の技術とは異なる特殊性をもつ。

コンクリートを製造するときのセメント, 水, 骨材, 混和剤等の各種材料の混合割合または使用量を配(調)合(以下, 配合と称す)という。また, 各種材料の混合割合や使用量を計画・決定することを“配合設計”という。配合は, コンクリートの性能や品

質を決定する最も重要な要因のひとつであり、良いコンクリートを作るためには、配合はきわめて重要である。“配合設計”の技術は生コン技術のなかでも中核となる技術である。“配合設計”の基本は、 $1\text{m}^3$ のコンクリートについて、各材料の容積割合をどのように設定するかということである。

コンクリートに要求される性能は、施工性に関わる性能、構造安全性に関わる性能、耐久性に関わる性能および使用性に関わる性能に大別できる。施工性に関わる性能は、主にフレッシュコンクリートに要求される。具体的には、各施工段階において作業が容易に行えることで、施工時及び施工前後において均質性が保たれ品質の変化が少ないこと、作業が終了するまでは所要の流動性を有し、その後は正常な速さで凝結・硬化すること、所定の温度および単位容積質量を有することなどが挙げられる。

“良いコンクリート”とは、一般的に「所要の強度・耐久性を有し、施工性に富んだ経済的で品質の安定したコンクリート」とされる。施工性は所定のスランプ値になっていけば性能を充分満足するという単純なものではなく、フレッシュコンクリートに求められる、“プラスチック”で“ワーカブル”な状態であるか否かの判断が重要である。このプラスチックでワーカブルなという状態を計測値で測定することは困難で、感覚による判断に頼らざるをえないのが現状である。また、配合設計において、ひとつの構成要素を変化させると、すべてに影響し、要求品質に合わせるためには教科書的な知識のみでは不可能で、経験に裏打ちされた、総合力が必要となってくる。このようなことから、生コン技術は、技術者の経験と実践に頼るところが大きく、理論による科学的理解と経験による実践的知識の両方が必要とされ、“配合設計”の教育においてはこの両面からの教育が必要とされる。

そこで、本論文の第4章では“配合設計”と材料の変遷について時代背景とともに概観し、それを文書化した。これは、“配合設計”の結果、作成された標準配合の変遷についての文書がこれまでには作成されておらず、生コンの“配合設計”技術が各種の技術革新のみならず、社会情勢や環境によって大きく変化して今日に至っていることや、その経緯や背景を若手技術者に教育するためである。

### 1.3 ナレッジマネジメント

#### 1.3.1 ナレッジマネジメントの必要性

日本の製造業にとって、技術の継承が重要な課題となった原因は、これまでの技術教育の仕組みがアンバランスであったためとわが国特有の年功序列制度も原因の一つと考えられる。現在の40歳代が20歳代から30歳代だったときは、上の世代である「団塊の世代」が多くのポストと業務をこなしていた。その結果、若手の業務処理能力が育たなかったし、教育を行う必要も感じていなかったために、技術・経験の豊富な「団塊の世代」が退職し始めて、はじめて次世代を担う技術者の能力や知識が顕在化してきた。技術者を育てる仕組みは一過性のものではなく、長期的な視点で考える必要がある。

技術の継承が問題となっている昨今、ベテラン技術者の持つ技術を効果的に継承するため、次世代を担う技術者を育てる仕組みが必要である。ナレッジマネジメント (Knowledge Management) はこの技術継承のための仕組みを策定するにあたって必要な基礎理論として考えられている (エンジニアリング振興協会, 2003)。

#### 1.3.2 ナレッジマネジメントの概要

本研究のための基礎理論としてのナレッジマネジメントについてレビューする。

現在の社会においては、情報化と知識の価値の重視が同時に急速に進行してきており、およそ35年前に Toffler (1980) が予言したとおり、第三の波、すなわち知識社会=情報化社会が到来している。

Drucker (1993) は、現代社会を「知識社会」と呼び、知識を労働・資本・土地と並ぶ単なる伝統的資産要素のひとつではなく、新たな価値の源泉として、「唯一意味ある資源」と位置付けた。ここでいわれる知識は氾濫する断片的な知識ではなく、実践に結び付いた体系的な知識である。したがって、企業や組織が知識を「唯一意味ある資源」として活用するためには、知識を体系化し実践に結びつけるためのナレッジマネジメントが必要になった。

ナレッジマネジメントが扱うナレッジ (知) とはデータ、情報、知識、知恵を包括する概念といわれている。ナレッジマネジメントが注目されるようになった背景には、前述のナレッジのうち、これまで扱いの難しかった「知識」や「知恵」をマネジメントする方法が進んできたことにある。ナレッジマネジメントの目的は、個人や組織が持つこれらのナレッジを組織的に蓄積・共有することで業務の効率化を図ったり、新たな価値を創造したりすることであり、そのための技術の導入や仕組みづくりを指す。野中・竹内ら (1996) により提唱された知識創造のプロセスは、ナレッジマネジメントの実践には重要な概念とされている。

### 1.3.3 暗黙知と形式知

一般的に知識は「個人的で主観的」と「社会的で客観的」の二つの側面を持っている。Polanyi (1966, 2003) は、これを語りにくい知識と、明示された形式的な知識と定義し、前者を暗黙知 (Tacit Knowledge) , 後者を形式知 (Explicit Knowledge) と名づけた (図-1.3.1) 。

野中・竹内ら (1996) の知識創造プロセスは、この暗黙知と形式知の相互作用を通じて新たな知識が創造され、知識資産が質量ともに増大するという考え方に基づいている。暗黙知を形式知に変え、社員一人ひとりの知識を、組織全体の知識・企業の全体の知識・ノウハウへと変換していこうとする考え方は「組織的知識創造理論」といわれている。暗黙知は、特定状況に関する個人的な知識であり、言語化したり、他人に伝えたりするのが難しい。一方形式知は、形式的・論理的言語によって伝達できる知識である。知識は個人の中で生まれ、それが複数の人間の間で共有されることによって組織的知識になる。ナレッジマネジメントの実践は、この知識創造プロセスを組織的にうまく回し、暗黙知と形式知との相互変換をスムーズに進めていくことが中心となっている。

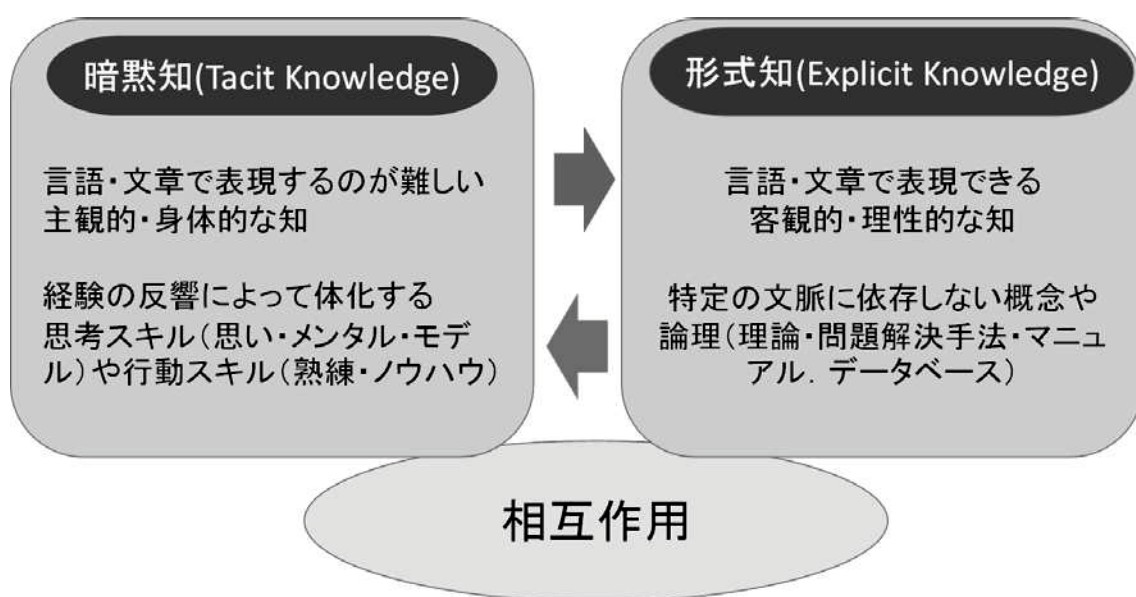


図-1.3.1 暗黙知と形式知

### 1.3.4 SECI モデル

野中・竹内ら (1996) , 野中・紺野ら (1999) は、知識を創造することを、暗黙知や形式知を変換するプロセスとし、組織的知識創造のモデル (SECI モデル) を提唱している。組織の中で知識がいかんして創造されていくのか、その一連のプロセスが、共同化・表出化・連結化・内面化の4つの象限によって示されている (図-1.3.2) 。

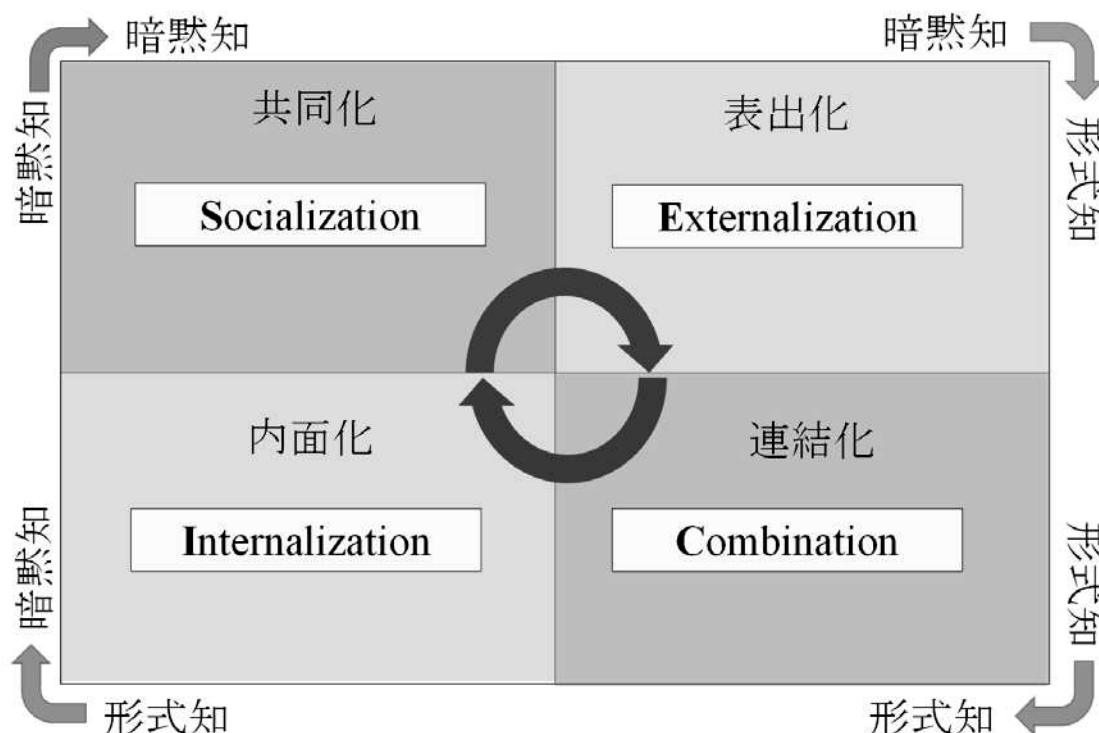


図-1.3.2 SECI モデル

a) 共同化(S: Socialization)

個々の経験を共有化することによって、他者の持つ言語化されない経験や実践から学びとった知識である暗黙知を、観察や体験を通して獲得していくプロセス。観察、模倣、訓練などを通して経験を共有することによって、個人の暗黙知からグループの暗黙知を創造するプロセスである。

b) 表出化(E: Externalization)

獲得した暗黙知を、対話すなわち共同思考を通して表現し、言語化されない暗黙知を言語化された形式知へ変換していくプロセスである。個人の頭の中にあるノウハウなどの暗黙知を言語化・図表化して表現し、組織で蓄積することで、自分の思いを伝えることである。研修会(Seminar)や OJT(On The Job Training)または ICT(Information and Communication Technology)をツールとして活用できるプロセスである。

c) 連結化(C: Combination)

表出化のプロセスを通して言語化された形式知とすでに組織の中で形式化され存在している知識や個々人の持つ異なった形式知を組み合わせ、新たな知識をつくりだしていくプロセスである。すでにある形式知を取捨選択・組合せ・編集・統合するなどにより、整理された形式知に変換する。知識資産を体系化し、組織の「型」を生み出す。マニュアル、あるいは体系的に整理されたデータベース、ICTをツールとして活用でき

るプロセスである。

### d) 内面化(I: Internalization)

新たに創り出された形式知を実践してみることを通して、個々人の中に新たに暗黙知として蓄積されていくプロセスである。形式知を個々人が取り込むことにより、暗黙知に変換する。実践を通じて「型」を習得していくことで、“知恵を身につける”ということになる。作業手順書を自分の工事に適用してみることにより、勘所をつかんだり、新たな知見を得たり、課題を発見したりして、それらを自分の知識として蓄えることである。個人の知識が組織の知識として蓄積され、その組織の知識が高まると、個人の知識の創造と活用を動機付けるよい循環ができる。

野中・竹内ら（1996）は、これらの一連のプロセスを経て、組織の知識は創造され、同様のプロセスを経ながらスパイラルに積み上げられていく。内面化が次のプロセスへと積みあがっていく起点であり、引き金となる。連結化を通して創り出された新たな知識を実践してみることで、新たな暗黙知として個人の中に定着し、次のプロセスへと繋がっていくとしている。

### 1.3.5 ナレッジマネジメントと「場」

組織的知識創造が行われるためには、組織の中で知識が創造されていく一連のプロセスと、そのプロセスを駆動させる「場」が必要である。伊丹（2005）によれば、「場」の定義は、「場とは人間がそこに参加し、意識・無意識のうちに相互に観察し、コミュニケーションを行い、相互に理解し、相互に働きかけ合い、相互に心理的刺激をする、その状況の枠組み」としている。本研究はこうした「場」のデザインを設計し実践することによる教育効果を目指すものである。

### 1.3.6 ナレッジマネジメントのタイプ

野中・竹内ら（1996, 1999）は、ナレッジマネジメントには、以下の4つのタイプがあるとされている。

#### a) ベストプラクティス共有型

成功事例のノウハウや先進的な事例から得られた知見などを蓄積、公開し、これらを通じて知識の共有。移転を行うタイプであり、世代間の技術継承のための道具として用いられる。本研究を通じてのシステム設計はこの型が主体となる。

#### b) 専門知ネット型

組織内・外の専門家や意思決定権を持つ人々をネットワークで結び、問題解決や意思決定を行うタイプで、物理的に分散して存在している専門家の知識や知恵を組織の総合力として発揮させるために用いられる。

#### c) 知的資本型

知識資産を経済的価値に変換するタイプ。知識や知恵を特許、ライセンス、著作権等



と同様に扱って収益を得る。

### d) 顧客知共有型

顧客との知識の共有を行うタイプ。継続的な顧客に対する知識の提供などが行われる。

### 1.3.7 狭義のナレッジマネジメントと広義のナレッジマネジメント

ナレッジマネジメントには、狭義と広義の2つの意味がある。狭義のナレッジマネジメントとは、ベストプラクティスの共有に主眼を置く。形式知よりの考え方であり、IT利用の域を出ないものが多い。これに対し、広義のナレッジマネジメントとは、「知識経営」とほぼ同義で、形式知だけではなく、暗黙知も重視し、暗黙知と形式知の相互作用による知識創造を重視する概念である（伊丹，2005）。

### 1.3.8 経験学習モデル

本研究では、生コン工場における技術継承の仕組みづくりの策定にあたり、経験学習モデル論（Experiential Learning）を参考とした。その概略を以下に記す。

Kolb（1984）の提唱した経験学習モデルは、経験・省察・概念化・実践という4つのプロセスを踏み、このサイクルを回すことによって、人は学習するという考え方である（図-1.3.3）。単に経験を重ねるのではなく、経験においてさまざまなことを感知し（経験）、それを素材として深く振り返り（省察）、そこから教訓や概括的な意味をつかみ（概念化）、それを新たな状況において応用する（実践）。そしてさらに経験をして、といった行動を繰り返すことで人は学習し、成長していくとしている。また学習は知識を創造するプロセスである（青木，2005）。

経験学習は基本的には本人が自分自身で行う学習であるが、本人が経験から学ぶ方法を知らない場合は、経験から主体的に学習できるようになるまで、支援する必要があると述べている。支援方法としては以下がある。

- a) 気づきにつながる“経験の場”を意図的につくる。
- b) 経験を一緒に振り返り“対話”を通じて気づきを引き出す。

Kolb のモデルは、経験というプロセスを明確に入れているのに対し、SECI モデルは、経験後のナレッジの創造プロセスである。（高橋，2011）

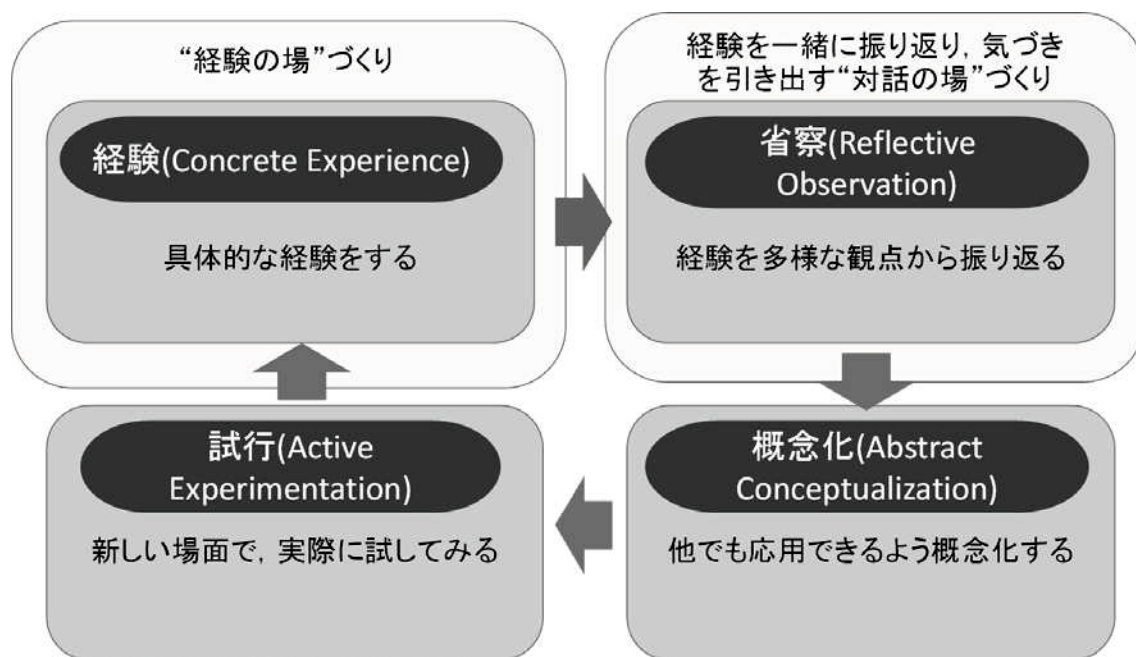


図-1.3.3 経験学習モデルと支援方法 (青木, 2005)

### 1.3.9 配合設計とナレッジマネジメント

製品品質に直接関係のある品質管理の中核となる“配合設計”は、生コンが半製品の状態で購入者に引き渡されることから、他の生コン技術とは異なる特殊性を有する。

一般的に“良いコンクリート”とは、「所要の強度・耐久性を有し、施工性に富んだ経済的で品質の安定したコンクリート」とされる。「施工性」は所定のスランプ値になっていれば性能を充分満足するという単純なものではなく、フレッシュコンクリートに求められる、“プラスチック”で“ワーカブル”な状態であるか否かの判断が重要である。このプラスチックでワーカブルなという状態を計測値で測定することは困難で、感覚による判断に頼らざるをえないのが現状である。また、配合設計において、ひとつの指標を変化させると、すべてに影響し、要求品質に合わせるためには教科書的な知識のみでは不可能で、経験に裏打ちされた、総合力が必要となってくる (Neville, 2004)。

このようなことから、生コン技術は、技能者の経験と実践に頼るところが大きく、理論による科学的理解と経験による実践的知識の両方が必要とされる。“配合設計”には、ナレッジマネジメントにおける形式知のみではなく、暗黙知が詰まっている。生コン技術のうち、とりわけ“配合設計”に関する知識は、図-1.3.4 に示すように暗黙知と形式知との相互作用によって形成されていると考えられる。

本研究においては、配合設計における熟練技術者のもつ暗黙知には何があり、それをどのように若手技術者に伝承するかを、SECIモデルを基本理論として考察し、教育

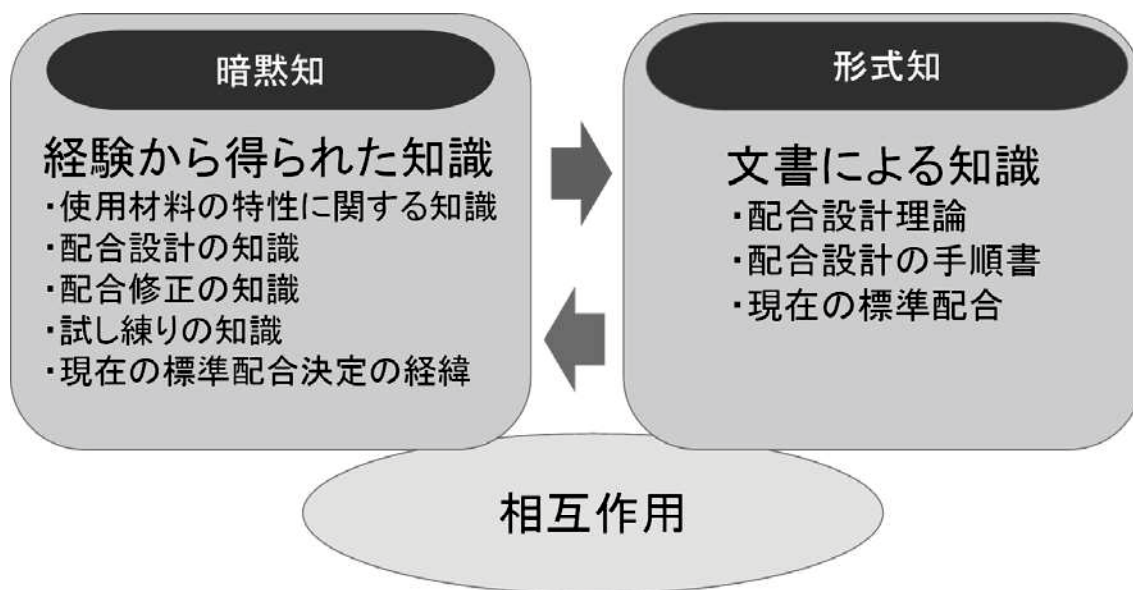


図-1.3.4 配合設計の暗黙知と形式知

モデルを策定することとした。具体的には，“第4章 生コンの配合設計教育のための標準配合・材料の変遷の調査”および“第5章 生コン工場における若手技術者の配合設計のグループ学習”において詳述することとする。

### 1.4 研究目的

これまで述べてきたように、長年続く経済の低迷と「人口減少・超高齢社会」を同時に迎え、ベテラン人材が大量に定年退職し、技術の維持・継承が困難な状況になるなか、将来中核となる技術者のレベルを維持・強化し、円滑に技術の継承を進めていくための環境整備を図ることが重要になってきている。

本研究は、生コン製造業の技術継承を題材として選び、実践教育の取り組みを行ったものである。生コンは、製造直後の練り上がり時点ではフレッシュな状態の性状をもち、半製品の状態で顧客に引き渡され、施工と時間を経て構造物となつてからはじめて製品となるといった、一般的な工業製品（例えばコンクリート二次製品）にはみられない特殊性を有する。

しかも生コンは、骨材やセメントといった主な材料の調達事情や建設環境は地域によって異なり、製造された時点での天候、季節、温度といった環境や荷卸しする顧客の現場状況が工場によってすべて異なる。またフレッシュな性状が時々刻々と変化していき、固まった製品品質に大きく影響する「施工性」を確保するために、顧客から要求された引き渡しの時点での製品状態を想定し、出荷する時点にさかのぼって製品品質を確認してから製造する必要がある工業製品である。

またコンクリートが硬化する前に顧客に引き渡すため、輸送時間が限られていることから、生コン工場は、全国各地に分散して存在している。

このように生コン製造業は、地域に密着した産業である。しかもコンクリートは、今日ではほとんどのインフラの基礎となっている重要な建設材料であり、近年多発している自然災害から国民の生活を守るためにも、全国どこにおいても、いつでも高い品質を確保できる体制を維持していく必要がある。

生コン製造業の技術者は、工場によってすべて異なるそれぞれの地域の事情に対応して、時々刻々と品質が変化していく生コンを、設計された固有の配合と品質管理の技術を駆使して、目標となる製品品質を確保し、高品質の生コンを製造しなければならない。

他の工業製品にみられない特殊性をもつ生コンの技術教育を、そのまま適用でき、全国どこでも共通の方法で行える実践的な教育手法は、これまでにはみられなかった。

また従来行われてきた生コンの技術教育は、主に工業組合やセメント会社系列によって行われている教科書的な知識のための教育であり、実践的知識の教育については、各社のOJT教育に委ねられていた。

生コンの配合設計は、ひとつの構成要素を変化させると、すべての要素に影響し、要求品質に合わせるためには教科書的な知識のみでは困難で、経験に基づいた総合力が必要となってくる。生コン技術は、技術者の経験と実践に頼るところが大きく、理論による科学的理解と経験による実践的知識の両方が必要とされ、“配合設計”の教育においてはこの両面からの教育が必要とされる。

またナレッジマネジメントで「暗黙知」といわれる実践的知識の伝承について、既往の研究では、方法論までに留まっていた。本研究では、この「暗黙知」である実践的知識の伝承を、SECIモデルをよりどころとしながら、具体的な手段や場づくりを考案し、実際に試みることにした。

本研究は、一般的な工業製品にみられない生コンの特殊性に対応した、若手技術者の技術教育の参考となる教育方法を策定・実施し、検証することによって、これまでにはみられなかった生コンの技術継承のための教育について検討することを目指した。

### 1.5 本論文の構成

本論文は、序論を含め6章から構成されている。本論文の構成フローを図-1.4.1に示すとともに、各章の内容を以下に概説する。

#### 第1章 序論

長年のデフレ不況下にあった日本経済、急激な人口減少と少子高齢化が進む日本社会、そしてこれらの影響による公共投資等の縮減と製造業の「2007年問題」を取り上げ、生コン製造業を取り巻く周囲の状況や“技術者の減少と課題”について、さらに他の技術とは異なった特殊性を持つ“配合設計”について説明した。次に技術継承のための仕組み作りに必要な基礎理論としての“ナレッジマネジメント”について概説した。最後に本研究の特徴と目的を明確にした。

#### 第2章 既往の研究と本研究の位置づけ

建設分野における既存のナレッジマネジメントシステムの事例、教育に関する事例、および技術継承の取り組みの事例を中心に、学習プログラムの計画・実施に参考となる文献のレビューを行った。生コン工場における技術継承のための仕組みづくりのため、熟練技術者から若手技術者への知識伝承の支援を行う方法論を中心に、各分野でこれまで行われた研究報告をレビューした。最後に本研究の位置づけを明確にした。

#### 第3章 生コン技術教育の現状とニーズに関するアンケート調査

生コン技術の教育を行う側と受ける側のそれぞれの立場の技術者が、どのような教育内容が重要と考え、また教育内容ごとに効果的な教育方法を検討するために、将来に向けて教育方法をどのように改善すべきと考えているか(教育のニーズ)を調べるために、山口県内の生コン工場の技術者を対象に、階層化意思決定法(AHP)を用いたアンケート調査を実施した。この結果を踏まえて、第5章に示す生コンの配合設計に関するグループ学習を通じた若手技術者教育を実施することとした。

#### 第4章 生コンの配合設計教育のための標準配合・材料の変遷の調査

山口県において生コンが普及してきた高度成長期以降のコンクリート製造技術、特にその技術の中核というべき“配合設計”技術を辿り、社会情勢や設計規準・技術の進歩とともに整理を行うとともに、文書化した。その中で生コン技術者の先人達が、周囲の状況に対応するために検討・改善実績を積み重ねてきた軌跡を辿り、若手技術者に対する生コンの実践的な配合設計の教育に活用した。

### 第5章 生コン工場における若手技術者の配合設計のグループ学習

生コン技術のうち、一般的な工業製品にみられない特殊性をもつ“配合設計”の効果的な教育方法の策定・実施および検証を目的として、山口県中部地区の各工場から集まった生コン技術者を対象に“生コン工場における若手技術者のためのグループ学習”を行った。グループ学習では、「学びの機会」と「場づくり」の目標を定め、これまで使用したことのない骨材等を用いて、若手・熟練技術者を対象に、品質目標に近いコンクリートの作製を競い合いながら、その教育の場の事前・事後において適宜アンケート等を取りながら、生コンの技術教育効果について、検討・評価を行った。それに基づいて、生コンの若手技術者の有効な教育方法についても考察を加えた。

### 第6章 結論

本論文の研究成果を要約するとともに、今後の研究課題と展望について述べた。

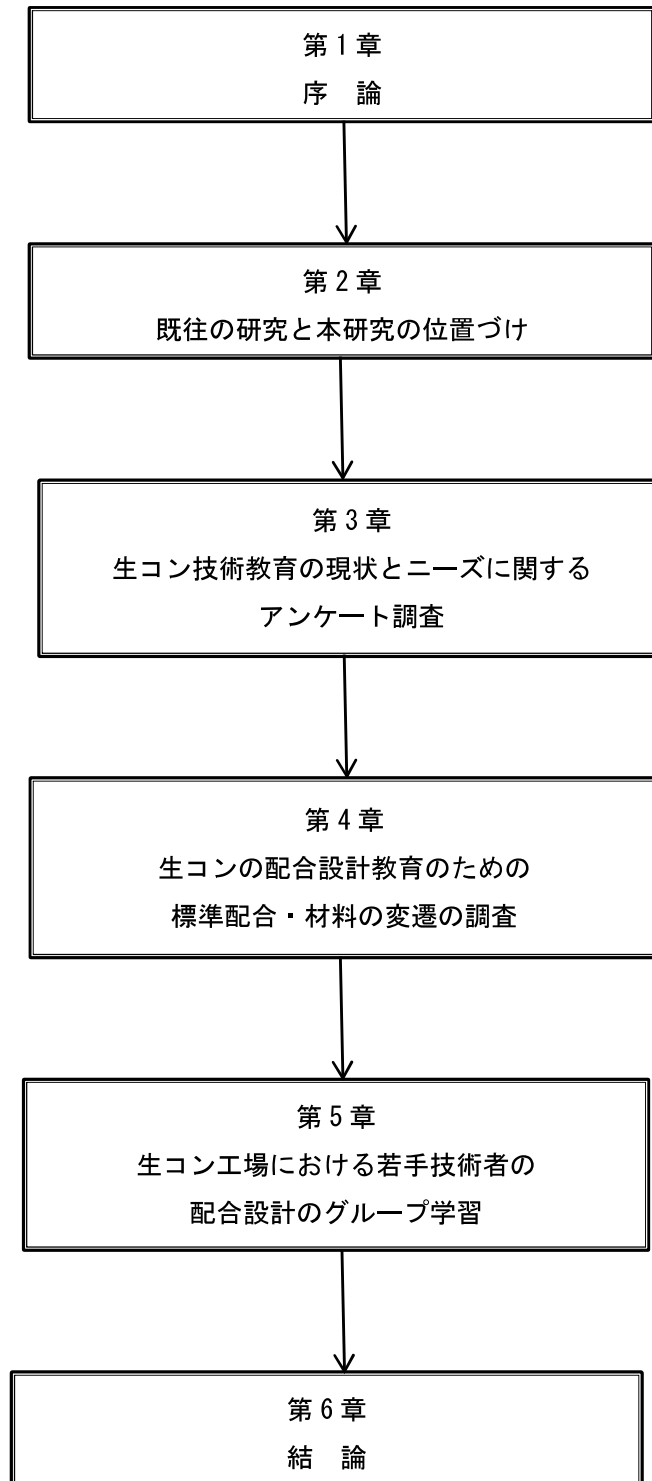


図-1.5.1. 本論文の構成フロー





---

## 第 2 章

### 既往の研究と本研究の位置づけ

---

### 第2章 既往の研究と本研究の位置づけ

#### 2.1 建設分野のナレッジマネジメントに関する既往の研究

既往のナレッジマネジメントに関する研究では、形式知のデータ化や再利用に重点が置かれている。ナレッジマネジメントシステムの多くは、企業単位で構築されており、個々の技術者のもつ経験・知識をデータベース化して、他の技術者等が各種の情報を共有するしくみ作りとなっている。そしてこれらのシステムは、広範な分野における多数の技術者が所属する企業組織が主な対象となっている。建設分野におけるナレッジマネジメントは主にはベストプラクティス共有型であり、海外で多くの報告が行われている。そしてそのツールは、知識貯蔵庫（リポジトリ）、ネットワーク、ポータル等のITツールを利用した事例が多い。

以下に建設分野のナレッジマネジメントに関する既往の研究を列挙する。

藤澤（2004）は、第一種のナレッジマネジメントの一例として Web 学習システムを用いたコンクリート技術の継承の事例を報告している。また大手建設会社における IT を活用したナレッジマネジメントの例であり、ナレッジマネジメントシステムの利用者と一緒に伝承する知識内容や仕組みを検討し、効果の検証することが重要と述べている。

Ricard・Arriagada（2012）らは、多くの建設会社に取り組んできた、規模、組織形態、雇用形態の異なるさまざまなプロジェクトへの対応実績の集積や、建設業界のネットワークによる分析を特徴としたシステムの構築を通して、建設分野のナレッジマネジメントの戦略モデルを提案している。

Ji-Zong・Hong-Guang ら（1999）は、配合設計や知識、配合設計サンプルや問題解決方法のデータベースからなるシステムによって配合設計、スランプ予測および圧縮強度予測モデルの作成を実施し、その実用性があったことを報告している。

Chen・Hsu ら（2012）は、建設資材業者の財務情報のデータベース構築とその共同利用により、デリバティブ取引の持つリスクからの回避に役立つことを示している。

Lin・Wang ら（2012）は、ゼネコンが自社の持つ知識資産のデータベースを活用することにより、利用価値のある情報を、建設プロジェクトに参画する土建業者を対象に、ウェブ技術やポータル（体系化された企業内情報の集まり）を通して提供し、建設段階にあるプロジェクトで得た知識を将来のために取得するシステムを活用し、台湾におけるオフィス建築現場で適用し、有効であったことを示した。

Khalfan・Bouchlaghem ら（2003）は、補修、補強と維持管理を基本とした、持続可能な建設 (Sustainable Construction) のために The C-SanD プロジェクト (Creating, Sustaining, And Disseminating Knowledge For Sustainable construction) を 3 大学共同でソフトウェアの開発を行い、その実施事例を報告している。

Hallowell（2012）は、アメリカの建設業者は、それぞれ社内外の安全知識を集めて行

う知識の蓄積と伝承システムを構築しているにもかかわらず、それらが緊急性の高い安全問題に対応するための重要な知識の取得を妨げていることを11の事例から指摘している。安全管理が高度に充実している会社では、熟練労働者や安全指導者が所有する暗黙的な、安全確保のための行動方法を集めており、独自の訓練ビデオの活用等、革新的な戦略を持つものもあり、他と区別されることを指摘している。

Tan・Carrillo (2011) らは、各地に分散している事務所間のコミュニケーション・ギャップを改善し、知識をタイムリーに共有化することを目的としたシステムを構築した、イギリスの中小規模の建設会社の事例を調査した。その結果、建設会社における情報システムは、重要な知識の捉え方や分配方法を改善し、戦略的に統合される必要があると述べている。

Bai・Amirkhanian (1994) は、生コンの配合設計のための専門知識データベースを開発した。これは利用者が配合を決定する際に、技術者による、複雑で時間を要する配合修正作業を手助けするためのものである。ACI (American Concrete Institute method) にある配合をベースに、生コンの技術者と専門家からのインタビューや研究から得られた知識を加え、配合を決定することによって、混和剤、搬送時間、空気量、気温などの条件により変動し、文献のみの知識では困難である、要求品質に適合した配合の決定に効果がみられたこと示している。

### 2.2 建設分野の教育に関する既往の研究

既往の建設分野の教育に関する研究では、実践的教育の事例報告が多くみられ、それぞれの教育効果が報告されている。国内では体験型や社会参加型の学習プログラムの有効性を示している研究事例が多く、また海外では、インターネットやデータベースといったIT技術を活用した教育の事例とその有効性を示す研究事例が多く存在する。

以下に建設分野の教育に関する既往の研究を列挙する。

吉田(2002)は、工学教育において、プロジェクトを基礎とする学習法(Project Based Learning)や問題意識を持って学ぶ学習法(Problem Based Learning)など体験型学習法が、往々にして無味乾燥になりがちな知識の伝授を、効果的に行うことができ、多様な学習の機会の一つとして大きな意味を有していると述べている。

道奥(2012)は、土木技術界を取り巻く社会情勢と今後の教育・人材育成について、土木技術の使命は、専門技術と人間力を両輪とする技術によって果たされており、そのために実務キャリアを通して人間力を習得するだけではなく、人間力の養成を土木教育プログラムの中にも目的化する必要を生じていると述べている。またこれからの土木教育には統合的・長期的な視点から見た社会資本ストックの適正管理に供する知識体系が必要であると述べている。最後に技術者が「巨大な工業製品」をつくる能力よりも「地域再生・国際貢献に資するパブリック・サービス」を提供する能力が必要とされる時代に入ったと述べている。

小林(2014)は、土木学会誌の“土木の教え方-実践型教育の取組み”の特集において、実践教育とは、臨床の場に学生を放り込むことでも、実務家に指導させることでもなく、学習場、応用場、創出場、観察場といった4つの過程を体験させることで、ひと組の知(実践力)を得ることにあると述べている。

Ernzen(2000)は、アリゾナ州立大学の建設マネジメントの特色のあるコンクリート材料・建築講座について述べている。この講座は教室の伝統的な講義、研究室での実践に加えて、建築現場や生コンプラントやコンクリート製品工場等の現場訪問を組み合わせている。また建設会社、混和剤会社、生コン会社やコンクリート製造会社といった広範囲からの講師の協力も受けていることが特徴であったと述べている。その結果、建築材料としてのコンクリート材料と建設作業の大切な連携を次世代の建設管理者の育成に結びつく成果を上げていると報告している。

Nikolic・Jaruhar(2009)らは、バーチャル空間を用いた建設教育のシミュレータについての研究をしている。この中で、従来の建設技術の教育で難解とされていた、意思決定、プロジェクトマネジメント理論、複雑な技術プロジェクトのもつリスクについての教育が、第1・2世代のVCS(Virtual Construction Simulator)の発展によって学生の建設計画の策定を可能にしたと述べている。そしてVCSが効果的な4Dモデルでありスケジュール管理ソフトであると述べている。

Chan・Scott (2002) らは、建設業界に起きつつある職能の複雑化による諸現象を調査し、新世紀における建設技能教育の適切で維持可能な方向性を見出すために、建設技術者を対象としたアンケート調査を実施した。その結果、領域を超えた職能を身につけるには、建設技術者の再教育が必要であり、これまで建設や調達分野で増加した複雑性や技術的な高度化によって新たに技能需要を、現実的に評価する必要があることがわかった。また、広範囲の学問領域を統合した建設技術のカリキュラムが、大学生にも就業者教育にも必要であると述べている。

Rojas・Sturts (2008) らは、建設工学および建設マネジメント (CEM) 分野の多岐に及ぶ研究と実験的教育を産・学で取り組んでいるワシントン大学の建設マネジメント学部が、どのように学内の最新施設 (PNCCRE) を活用しているかに注目した。その結果、“体験学習モデル”と“学際的研究モデル”とを結合した新しい方法論を紹介している。この方法により、PNCCRE が、教育者や学生、研究者のみならず産・学のより広範囲の組織と一緒にチームを組んで CEM 分野における複雑な問題の解決に寄与していることを報告している。

真田・吉富 (2010) らは、河川環境の見方を教育するため、河川の実務者を対象とした“フィールド体験型教育プログラム”を実施した。その結果、参加者が、捉えにくい水面下の現象を実感することができ、物理環境調査で得られる数値の意味を具体的に理解できること、実際にフィールドを見たとき生息場を見出す新たな視点を持たせたこと、フィールド体験と関連性の高い情報は効果的に習得できることがプログラム終了後に、参加者に対して実施した質問紙調査によって明らかになった。

二宮・門間 (2013) らは、教育システム設計手法 (ISD: Instructional System Design) を用いて、構造物の変状判定スキルアップのための教育プログラムを開発した。最初に構造物の変状レベルを判定する熟練技術者の主観的理論を心理学の行動分析と人間科学のグラウンデッド・セオリーを組み合わせた手法で可視化し、次に学習理論に基づく ISD の手法で構造物変状判定スキルアッププログラムを開発し、日常業務で変状判定を行う技術者を対象に研修を実施した。受講者と研修運営者による事後のアンケートから、同プログラムを改訂した結果、研修運営者による内容評価が向上し、実用段階に入ったと述べている。

田中 (2009) は、土木系学生の初学年オリエンテーション授業、高校生や親子教育、一般対象の教室において、土木技術をわかりやすく解説するための教材開発に取り組み、教室で進める授業では、身近な事例を示すことによって理解を深めることに留意し、簡単な実験も行った。その結果、わかりやすい説明、考えさせる、疑問を抱かせる、自らやらせることに留意した授業による授業が、各種構造物の機能や、土木工学の基礎知識の教育に効果的であることが終了後のレポートから確認された。

武井・大塚 (2010) らは、土木技術者が交通計画の事業説明をパブリックインボルブメント、住民参加型委員会等で行う際に必要な、主体的に対話を行う能力を育むために、

自律型対話プログラムを実施した。このプログラムでは、ワークショップ形式で、参加者が議論を体験し、その際の対話能力を評価し、問題の箇所を参加者全員で振り返ったのち改善すべき修正点を次回の議論のために課題化するという4つのステップで構成し、授業の最後には実際に住民の前でプレゼンテーションを行い、住民に発表審査をしてもらった。その結果、学生への事後アンケートから、対話能力向上のための気づきが促進されたとほとんどの学生から回答があり、その効果が確認されたと述べている。

本田・吉富（2010）らは、土木技術者が土木に関する事業の必要性や役割等を社会に分かりやすく発信すること、高等教育における自然や社会における実体験の必要性に対応することを目的に、河川環境をテーマとした河川の生物の生息空間の連続性やその分断化への理解を促すための産学連携による魚道施設を教材とした実践教育を行った。受講者は、東京学芸大学の「河川環境特論」において、土木分野の専門家による基礎的な講義の受講の後、講義に対応したフィールド学習を行った。その結果、実習後受講した学生の感想から、現場で魚道の役割を実感し理解を深めたことが確認でき、実践学習が有効であったことを示している。

田中（2009）、田中（2013）は初学者のための「水理学」の効果的な教育実践手法の確立を目的として、グループ課題での学び合いによる演習授業を実施した。グループ演習は、まず自学自習によりレポート課題に取り組みせ、グループワークによりレポートの書き方や着眼点、知識を学習者に共有させ、レポートの公開を通じて、学習の困難さ、疑問点などを共有させた。最後に演習問題を与え、学習者が理解度を求めるテストを行った。その結果、学習者のアンケートから学習意欲の向上や知識の獲得に有効であったことを示している。

高橋・谷口（2010）らは、学校教育におけるモビリティ・マネジメントの授業の一事例として地域の公共交通の役割・大切さを学ぶ小中学校を対象とした授業を実施した。授業は、体験学習や専門家による情報提供を通して、児童が自ら課題を見つけ、考え学び、学習成果を取りまとめる力をつけるために「誰もが乗りたくなる夢のバス」をテーマに交通まちづくりの提案書を作成し、その発表を行わせた。その結果、事後のアンケート調査から、公共交通施策への参加意識や協力意識が高まり、社会との関わりや公共に配慮する意識も活性化したと述べている。

谷口・山口（2012）らは、どのような人が他の地域援助を行っているのかを、東日本大震災を対象とし、学生時代に学んだ教科の選好という教育面に限定し、調査することにより、他地域援助の実態と教科ごとの関連性を独自の Web アンケートで調査した。その結果、地理や政治経済を選好する者で被災者の近隣居住者は現地ボランティア活動を行う割合が高く、遠隔居住者も援助性向が高い事が明らかになった。このことから社会科教育のあり方の再考、公民的資質に優れた学生を土木分野の中に取り込んでいくことの意義を述べている。

### 2.3 建設分野の技術継承に関する既往の研究

建設分野の技術継承に関する既往の研究では、技術者を育てる仕組み作りの大切さを述べたものや方法論の論文が中心であった。

以下に建設分野の技術継承に関する既往の研究を列挙する。

土木学会の平成16年度土木学会会長特別委員会（土木界における技術力の維持と向上に関する特別委員会）（2005）はその報告書「土木界における技術力の維持と向上のために」において、技術力の維持・継承の場の減少を課題として取り上げ、今後実施することが望まれる技術伝承の仕組み・システムの構築についての具体的な施策の提言を行っている。その中で「学会・学」は各種データベースの整備、技術支援センターによるベテラン技術者の活用、「官」は、施工記録、維持管理記録のデータベース化、「民」は研修の充実、若手技術者の経験の重視等を挙げている。

土木学会（2006）は、土木学会誌において、「土木界における技術力の維持と向上のために」（2005）の提言とともに各分野・組織における技術の継承の取り組みを紹介している。その中で「長大橋技術」の継承高度化を目的とした長大橋技術センターの紹介、ベテラン技術者やITを活用する建設会社の事例等を紹介している。

宇津野（2009）や松塚（2009）は伊勢の遷宮や錦帯橋の平成の架け替えのような人から人への継承による「持続への努力の繰り返し」が行われることの大切さを述べている。

十河（2009）は、技術の伝承ができる仕組みが完成されてこそ、持続的発展が遂げられるとして、技術の伝承のシステム化の必要性を述べている。

吉田（1954）は、若いコンクリート技術者を対象に、土木学会40周年講演会にてそれまでのコンクリート技術の移り変わりについて振り返っている。

吉兼（2009）は、単独の会社での技術伝承は現状では困難であり、共販事業の取り組みの状況下では集団指導の手段を取らざるを得ないとしている。また生コン技術に求められているのは進歩ではなく、安定が最大のポイントとも述べている。

友澤（2009）は、次世代へコンクリート技術を発展的に継承していくためには、コンクリートに用いられる材料、コンクリートに要求される性能、新しい分析・解析手法、新しい材料開発が構造物の設計や工法に変革をもたらし、また設計や工法がコンクリートへ新しい性能が要求される、地球環境問題への対応等コンクリートに関する進歩発展は間断なく続いており、新しい研究課題は尽きることがないが、それに対応するとき、これまでにどれだけのことが分かっているのか、現在の知識ベースをまとめたものが必要であると述べている。さらに実際にコンクリートで構造物を造る過程は、ばらつきの大きい原材料をミキサで練り混ぜ、自然の気象条件下で型枠に打ち込むという作業から成っており、実現されるコンクリート構造物の品質、性能は、これらの作業を担当する多くの技能者の経験と作業マニュアルによる実践に頼るところが大きく、理論による科学的理解と経験による実践的知識の間のギャップを小さくし、互いに知識と情報を共有



することを基本として、コンクリートの技術・技能の伝承を図ることが必要と述べている。

友澤（2013）は、約130年にわたるコンクリート施工技術を振り返り、いつの時代にあっても構造物に要求される性能を現実化するための技術を駆使することであり、材料の選定、調合の決定、コンクリートの製造・打設・検査などに最新の知識と技術を適用することが施工における不易であり、技術開発を行い、それを実現する可能性を確かめ、勇気をもって実行することが流行と述べている。

魚本（2009）、魚本（2010）は、いかにして今まで培ってきたコンクリート技術をこれからの若手技術者に伝承し、さらに技術の発展を促すかは重要な課題であり、その中で大切なものは、1)設計に関する技術、2)施工に関する技術、維持管理に関する技術と述べている。また現在のコンクリート技術に関する教育は、基本的には全国的に同じ考えで教育されており、その基本となっているのは土木学会のコンクリート標準示方書に盛り込まれた考え方であると述べている。技術伝承の方法として既設構造物の維持管理に関する技術の伝承が重要となると想定し、維持管理に関する技術を活用し、今までの我が国のコンクリート技術を伝承する方法を模索することを提案している。特にコンクリート技術に関わる歴史をきちんと伝承しておくことが重要とし、1)コンクリート材料の変遷に関するデータ集積、2)コンクリート構造物の設計の変遷、3)施工方法の変遷と記録の収集をその方法として挙げている。特にコンクリート材料として使用荒れている各種のセメント、細骨材、粗骨材、混和剤（材）、水は時代とともに変化しており、これらの材料は時代とともに大きく変化している場合があるため、それぞれの材料がどのように変化してきたのかを伝承することが必要であると述べている。

宮本・宮内（2000）は“コンクリート技術・経験の伝承”をテーマにした日本コンクリート工学会（JCI）の「技術フォーラム」の報告の中で、コンクリート技術を伝えるためには、誰に、何を、どのように、を明確にすること、完成された技術を教えるのではなく、発想する場を与え、失敗をたくさん経験させること、コンクリート技術は教えて身につくものではなく、自分で創造する楽しみを教え、個人の感性が生まれるような教育が必要であること、過去の技術、歴史を踏まえて、現在のその技術がなぜ生まれてきたかを理解させる努力が必要であり、その技術の必要性を明確にしない限り、技術の価値を正しく評価できず、興味も湧かないこと、苦労話や失敗話も含め、様々な努力を重ねて技術が完成されることを理解させることが重要であること、若手技術者に対しては、実務を通して物づくりの喜びを教えることが重要であること、教育方法は知識伝承タイプではだめで、TeachingよりLearning、特にグループによる課題の実施・発表と自由討議など、プロジェクトを基礎とする学習法（Project-Based Learning）がこれからは不可欠であることを述べている。

吉田（2011）は山口県生コンクリート工業組合が7年間に及ぶコンクリート主任技士資格取得のための支援講座を主催し、この間若手・熟練技術者や年齢に関わらず多くの

合格者が生まれ、その大きな成果を報告している。成果を上げた要因として地域の協組間の協力体制があったことを挙げている。

### 2.4 そのほかの関連事例研究

そのほかの既往の研究について列挙する。これらには、技術教育の分野での階層化意思決定法(AHP : Analytic Hierarchy Process)に関する研究事例、そして製造業や中小企業の技術継承に関する研究、過去の構造物からコンクリートの技術変遷を分析する研究、SECIモデルを基盤にした学習モデルの構築に関する研究等がある。

稗方・大和(2007)らは、製造業の設計工程を対象に、設計プロセスに注目した知識記述を基本とした熟練技術者から若手技術者への知識伝承の支援を行う方法論を開発する研究を「知識・技術・技能の伝承支援研究会(人工知能学会・第2種研究会)で行っている。

太田(2013)は、中小製造業における技能・技術伝承の実態を調査し、人工知能学会において報告している。プロジェクト型産業である建設産業に取ってみれば、前述のベストプラクティス共有型をベースにした教育の仕組みが大切であり、これは建設産業が受注産業であるため、現場での教育、伝承が重要であり必然的にベストプラクティス共有型になる。企業内で大切なのは、暗黙知を徹底的に表出化し、スピーディーに共有し、持続的に価値を生むことであり、本当に伝承したいのは、技術というよりも技術者を育てる仕組みであると述べている。

白沢・赤倉(2005)は、中小製造業にもITを活用する動きが増加する中で、技術・技能の継承のためにITとものづくり技術の融合が重要とし、e-Learning Systemを利用した教育システムを開発・運用した。システム開発は「熟練技術者と若手技術者のコミュニケーション」と「熟練技能のデータベース化」の視点から行い、アンケート調査の結果から、従業員規模が25~49人の企業へのシステム導入が最も効率的だったと述べている。

Oldham(2013)は、第1次世界大戦中において使用されたコンクリートが開戦時と終戦前1年を比較した結果、劣悪なものから高品質のものへと急速な品質向上を遂げたことを、その当時のフランス、ベルギーに今も残る戦線の塹壕跡のコンクリートを調査することによって明らかになったことを報告している。この品質向上の原因は、コンクリートのプレキャスト化が寄与したことを報告している。

梅本・妹尾(2001)は熟練技術を持つ杜氏の高齢化と後継者不足による技術伝承問題を解決するために、酒造り技術における「暗黙知」と「形式知」を整理し、その変換プロセスをSECIモデルに対応づけて説明した。その結果、従来の共通体験を通じて熟練技能の伝承を図る個人化戦略のみではなく、コード化戦略(知識が注意深くコード化されてデータベースに蓄積され、社員全員が容易にアクセスして利用できるようにする)

の両方が必要であると述べている。

Drake (1998) は、技術者に要求される能力のひとつとして、製品の使用者要求に応える能力を挙げている。そのためにハード・ソフト面の製品要求事項に優先度をつけ、製品を構成するコンポーネントの最適な組み合わせによって製品を完成するための手段として、階層化意思決定法 (AHP) を技術者に教育しており、これを用いた事例を紹介している。

河合 (2012) , 伊庭・古川園 (2013) は大学における新人研修や一般的な研修スタイルの典型的なプロセスは、「座学」, 「演習」, 「グループ学習」, 「発表」の4パターンであり、これらのプロセスは、受講生の暗黙知の形成という視点から SECI モデルの4つの象限にマッピングすることができると述べている。そして受講生が学び方を習得するための実践を支援するために作成した「SFC (慶應義塾大学湘南藤沢キャンパス) 学習パターン」を紹介し、SECI モデルへのマッピングを試みている。

高橋・石井 (2014) は、「問題の理解あるいは解決に努めるプロセスから生成される学び」とされる問題基盤型学習 (Program Based Learning) の理論的なモデルの構築を試みている。この中で SECI モデルの限界として、知識創造に特化し、その土台となる組織内の人間同士の交流や協調といった対人的な変換モードの存在まで分析が及んでいないことや、あくまでも企業や組織における知識創造理論であることを指摘している。

知識の流れが知識多き者から少なき者へと向かうだけではなく、同程度の知識をもつ者同士間でも発生し、例えば教科の知識・理解が不十分な生徒であっても、互いに協力して学び合うことによって、新たな考え方や知見を得ることが可能であることが SECI モデルでは十分に説明されていないと述べている。

### 2.5 本研究の位置づけ

本研究では、既存のナレッジマネジメントシステムの事例、教育に関する事例、および技術継承の取り組みの事例を中心に、技術継承の教育の策定に参考とするための既往の文献のレビューを行った。これらの研究の中では、教育の方法論が多くみられたが、実際に若手技術者の力量育成の課題に対する実践的な手法を展開している事例はほとんどみられなかった。

本研究は、生コン製造業の技術継承を題材として選び、実践教育の取り組みを行ったものである。生コンは、製造直後の練り上がり時点ではフレッシュな状態の性状をもち、半製品の状態で顧客に引き渡され、施工と時間を経て構造物となってからはじめて製品となるといった、他の工業製品にはみられない特殊性を有する。

しかも生コンは、骨材やセメントといった主な材料の調達事情や建設環境は地域によって異なり、製造された時点での天候、季節、温度といった環境や荷卸しする顧客の現場状況が工場によってすべて異なる。またフレッシュな性状が時々刻々と変化していき、

固まった製品品質に大きく影響する「施工性」を確保するために、顧客から要求された引き渡しの時点での製品状態を想定し、出荷する時点にさかのぼって製品品質を確認してから製造する必要がある工業製品である。

またコンクリートが硬化する前に顧客に引き渡さなければならないために輸送時間が限られていることから、生コン工場は、全国各地に分散して存在している。

このように生コン製造業は、地域に密着した産業である。しかもコンクリートは、今日ではほとんどのインフラの基礎となっている重要な建設材料であり、近年多発している自然災害から国民の生活を守るためにも、全国どこにおいても、いつでも高い品質を確保できる体制を維持していく必要がある。

生コン製造業の技術者は、工場によってすべて異なるそれぞれの地域の事情に対応して、時々刻々と品質が変化していく生コンを、設計された固有の配合と品質管理の技術を駆使して、目標となる製品品質を確保し、高品質の生コンを製造しなければならない。

他の工業製品にみられない特殊性をもつ生コンの技術教育を、そのまま適用でき、全国どこでも共通の方法で行える実践的な教育手法は、これまでにはみられなかった。

また従来行われてきた生コンの技術教育は、主に工業組合やセメント会社系列によって行われている教科書的な知識のための教育であり、実践的知識の教育については、各社のOJT教育に委ねられていた。

生コンの配合設計は、ひとつの指標を変化させると、すべての要素に影響し、要求品質に合わせるためには教科書的な知識のみでは困難で、経験に基づいた総合力が必要となってくる。生コン技術は、技術者の経験と実践に頼るところが大きく、理論による科学的理解と経験による実践的知識の両方が必要とされ、“配合設計”の教育においてはこの両面からの教育が必要とされる。

またナレッジマネジメントで「暗黙知」といわれる実践的知識の伝承について、既往の研究では、方法論までに留まっていた。本研究では、この「暗黙知」である実践的知識の伝承を、SECIモデルをよりどころとしながら、具体的な手段や場づくりを考案し、実際に試みることとした。

本研究は、生コンの特殊性に対応した、若手技術者の生コン教育の参考となる教育モデルを策定・実施し、検証することによって、従来にはない技術継承のための教育について検討することを目指した。

---

---

## 第3章

生コン技術教育の現状とニーズ  
に関するアンケート調査

---

---

### 第3章 生コン技術教育の現状とニーズに関するアンケート調査

#### 3.1 概説

本研究では、山口県を例に生コン製造業において、現在行われている技術教育の現状評価および今後の充実に向けた教育ニーズを調査するために、アンケート調査を実施した。

生コン工場において技術継承するために、若手技術者に教育する必要がある技術には、品質管理（品質）、安全・衛生管理（安全）、環境保全・汚染予防管理（環境）、製造設備管理（製造）に関する知識・手順・心構え等がある。そして生コン技術者は、「品質」、「環境」、「製造」、「安全」の全ての技術を、効果的に習得する必要がある。

生コン製造業における技術継承のための仕組みづくりのためには、生コン技術の教育を行う側と受ける側のそれぞれの立場の技術者が、教育内容の何が重要と考え、また教育内容ごとに効果的な教育方法を検討するために、将来に向けて教育方法をどのように改善すべきと考えているかを知る必要がある。

そこで本研究では、それぞれの立場の技術者が、生コンの教育について、現在、いずれの教育方法に重要度（重み）をおいて実施されていると思うか（以下、現在の重みと称す）、また将来、どの教育方法に重みを置くべきと考えているか（以下、将来の重みと称す）を調べるために、山口県内の生コン工場の技術者 45 名を対象に、多くのデータを必要とせず、かつ曖昧な状況下において、重み付けを行うことができる階層化意思決定法（AHP：Analytic Hierarchy Process）を用いて、一対比較による質問で構成されたアンケートを実施した（刀根，1986）、（高萩，2005）。

#### 3.2 アンケート方法

生コン技術の教育を行う側と受ける側のそれぞれの立場の技術者が、教育内容の何が重要と考え、また将来にむけて教育方法をどのように改善すべきと考えているかを知る必要がある。そこで本研究では、考え方や経験が違う生コン技術者の認識や期待を定量化できる手法として、多くのデータを必要とせず、かつ曖昧な状況下において意思決定を図る場合に有用とされる階層化意思決定法（AHP：Analytic Hierarchy Process）を採用し、一対比較による質問で構成されたアンケートを実施した。

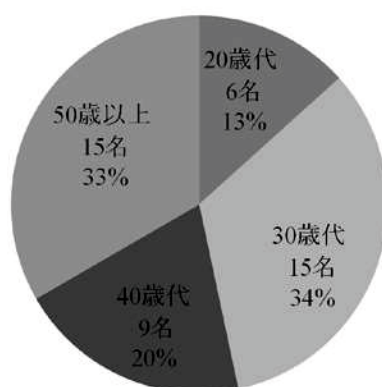


図-3.2.1 アンケート被験者の年齢構成

アンケートの被験者は、山口県中部生コンクリート協同組合の加盟工場を中心とした山口県内生コン工場の技術者を対象とした。この調査の有効回答は45名であり、その内訳は20歳代6名（13%）、30歳代15名（34%）、40歳代9名（20%）、50歳以上15名（30%）であった（図-3.2.1）。

使用したアンケート用紙のAHPの一対比較の質問例を図-3.2.2に示す。ここでは一対一の6通りの重要性の比較により「品質教育」「環境教育」「安全教育」「製造教育」の4つのそれぞれの教育に、現在どれくらい重要度（重み）を置いているかについて質問している。

### 第3章 生コン技術教育の現状とニーズに関するアンケート調査

Q.5 あなたは、どちらの教育が重要だと思いますか？

品質教育      環境教育      安全教育      製造教育

(記入例) 左右の項目を比較して自分の思うところに各行1か所に○をして6通りの比較をしてください

	左の項目が圧倒的に重要 (中間)	左の項目がうんと重要 (中間)	左の項目がかなり重要 (中間)	左の項目が少し重要 (中間)	左右同くらい重要 (中間)	右の項目が少し重要 (中間)	右の項目がかなり重要 (中間)	右の項目がうんと重要 (中間)	右の項目が圧倒的に重要 (中間)									
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	
品質教育	○																	環境教育
品質教育																○		安全教育
品質教育								○										製造教育
環境教育																○		安全教育
環境教育									○									製造教育
安全教育			○															製造教育

(注意) ・記入できるセルは17個あります。深く考えすぎず直感的に記入してください。  
 ・すべての項目に回答してください。  
 ・一つの項目に対して、複数の○印をつけないようにしてください。

Q.5 あなたは、どちらの教育が重要だと思いますか？

品質教育      環境教育      安全教育      製造教育

\*ここでの意味は、以下のとおりとします。

品質教育とは・品質管理に必要な知識・手順、心構えの伝承および現場・現物・現実の体験など  
 環境教育とは・環境保全・汚染予防を目的とした管理に必要な知識・手順、心構えの伝承および現場・現物・現実の体験など  
 安全教育とは・安全・衛生管理に必要な知識・手順、心構えの伝承および現場・現物・現実の体験など  
 製造教育とは・製造設備管理に必要な知識・手順、心構えの伝承および現場・現物・現実の体験など

【回答欄】

	左の項目が圧倒的に重要 (中間)	左の項目がうんと重要 (中間)	左の項目がかなり重要 (中間)	左の項目が少し重要 (中間)	左右同くらい重要 (中間)	右の項目が少し重要 (中間)	右の項目がかなり重要 (中間)	右の項目がうんと重要 (中間)	右の項目が圧倒的に重要 (中間)									
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	
品質教育																		環境教育
品質教育																		安全教育
品質教育																		製造教育
環境教育																		安全教育
環境教育																		製造教育
安全教育																		製造教育

図-3.2.2 AHP の一対比較の質問例





図-3.2.3 アンケート調査の流れ

本アンケートでは、個々の回答結果に対して、幾何平均法により重要度（重み）および総合評価値を求めた。アンケート調査の流れを図-3.2.3に示す。

Step1として技術教育を以下の4つの教育ジャンルに定義分けして、教育ジャンル別の重要度を調べた。

[i] 品質教育

品質管理に必要な知識・手順、心構えの伝承および現場・現物・現実の体験など

[ii] 環境教育

環境保全・汚染予防を目的とした管理に必要な知識・手順、心構えの伝承、現場・現物・現実の体験など

[iii] 安全教育

安全・衛生管理に必要な知識・手順、心構えの伝承や現場・現物・現実の体験など

[iv] 製造教育

製造設備管理に必要な知識・手順、心構えの伝承や現場・現物・現実の体験等など

アンケート調査表によって作成された一対比較の結果を被験者別に一覧にし、幾何平均法で計算した教育ジャンル別の重みの計算結果を表-3.2.4に、被験者の年代別の重みの計算結果を表-3.2.5に示した。



### 第3章 生コン技術教育の現状とニーズに関するアンケート調査

次に Step2 として、現在行われている教育方法について、以下の通り定義分けし、教育ジャンル別に総合評価値を求めた（表-3.2.6）。

[i] 社内教育

社内での研修などによる技術や業務遂行に関わる能力のトレーニングのこと

[ii] OJT

業務遂行上に必要な技術や能力を現場の上司が実際に作業をすることによって伝えていき、それを見た後輩が試行錯誤を繰り返しながら自分の技術、能力として身につけていく訓練方法

[iii] 社外交流

同業他社や異業種等の人々との社外での交流の場を通して親睦や人間関係を深め、情報の共有化や互いの技術力を高める機会

[iv] 社外講習会・・・社外で受講する講習会への参加

表-3.2.6 「現在」の総合評価値の計算結果

評価値	品質教育	環境教育	安全教育	製造教育	
社内教育	0.2243	0.2539	0.3787	0.2917	
OJT	0.3090	0.2798	0.3241	0.4977	
社外交流	0.2126	0.1765	0.1230	0.1212	
社外講習会	0.2541	0.2898	0.1741	0.0894	
計	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	
重み	0.2854	0.1502	0.4034	0.1766	
総合化	品質教育	環境教育	安全教育	製造教育	総合評価値
社内教育	0.0640	0.0381	0.1528	0.0515	0.3064
OJT	0.0882	0.0420	0.1308	0.0879	0.3489
社外交流	0.0607	0.0265	0.0496	0.0214	0.1582
社外講習会	0.0725	0.0435	0.0703	0.0158	0.2021
計	0.2854	0.1502	0.4034	0.1766	1.0155

### 第3章 生コン技術教育の現状とニーズに関するアンケート調査

さらに、Step3 として、将来行われている教育方法について、教育ジャンル別に総合評価値を求めた（表-3.2.7）。

表-3.2.7 「将来」の総合評価値の計算結果

評価値	品質教育	環境教育	安全教育	製造教育	
社内教育	0.1881	0.2103	0.2374	0.2173	
OJT	0.2862	0.2555	0.2822	0.3082	
社外交流	0.2544	0.2132	0.1821	0.2061	
社外講習会	0.2713	0.3209	0.2983	0.2683	
計	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	
重み	0.2854	0.1502	0.4034	0.1766	
総合化	品質教育	環境教育	安全教育	製造教育	総合評価値
社内教育	0.0537	0.0316	0.0958	0.0384	0.2194
OJT	0.0817	0.0384	0.1138	0.0544	0.2883
社外交流	0.0726	0.0320	0.0735	0.0364	0.2145
社外講習会	0.0774	0.0482	0.1203	0.0474	0.2933
計	0.2854	0.1502	0.4034	0.1766	1.0155

3.3 アンケート調査結果

3.3.1 年齢層別の重要度

生コン工場で一般的に行われている各教育の内容を“必要な知識・手順，心構えの伝承および現場・現物・現実の体験など”と定義し，AHP法によって各教育間の相対的重要度（回答の平均値）を求めた．その結果，図-3.3.1に示すように「安全教育」が最も高い割合を占め，次いで「品質教育」，「製造教育」の順に重視されている．この傾向は，各年齢層通じて有意な差異はみられない．特に教育する側にあたる50歳以上の技術者は，「安全教育」を重要視しており，教育される側の20歳代は「安全教育」と「品質教育」が同程度であり，30～40歳代の中間層では「製造教育」と「環境教育」を最重視している．

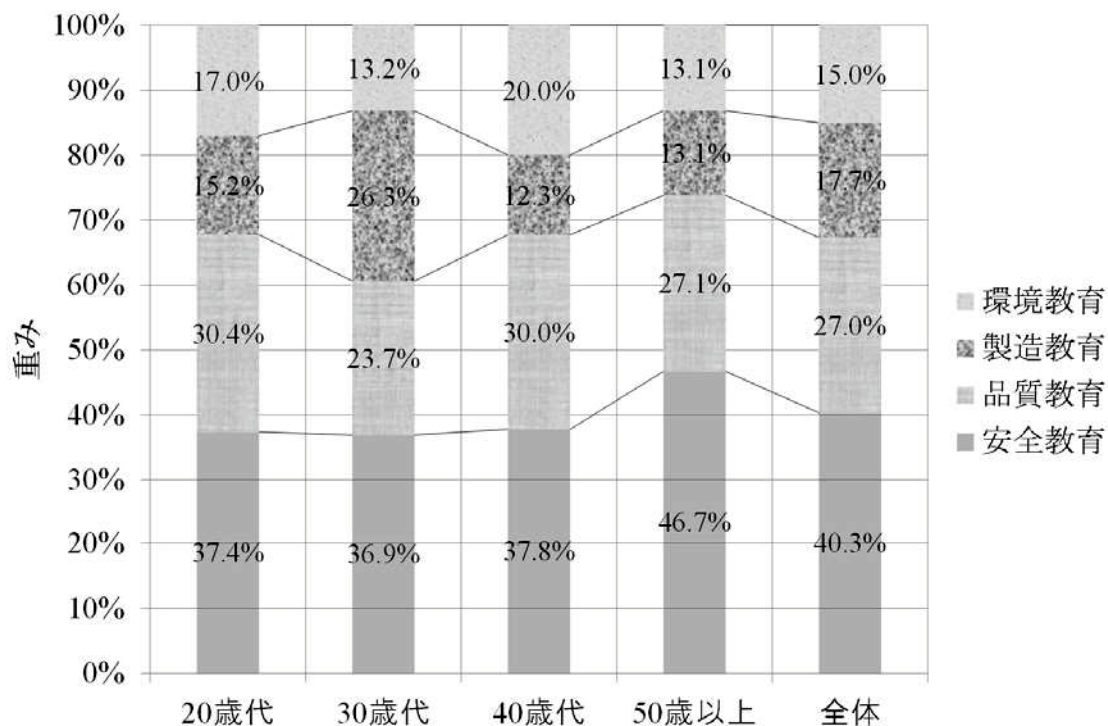


図-3.3.1 年齢層別重要項目

### 3.3.2 教育方法別の総合評価値

教育方法別の総合評価値は、現在では「OJT」(34.4%)、「社内教育」(30.3%)、「社外講習会」(19.8%)「社外交流」(15.5%)の順となった。これに対し将来では「社外講習会」(28.9%)、「OJT」(28.4%)、「社内教育」(21.7%)、「社外交流」(21.1%)の順となった(図-3.3.2)。

「社内教育」・「OJT」が社内、「社外交流」・「社外講習会」が社外として、社内・社外別に教育方法を捉えてみると、生コン技術者は、現在教育は、社内中心に行われているが、将来はより社外における教育の機会を望んでいるという結果となった。

このことは、生コン技術者が、現状の教育方法が閉鎖的であり、同じ地域の生コン工場のさまざまな技術情報を今以上に必要と感じており、さらに地域の状況のみを知っているだけではなく、最新のコンクリートの技術情報を学ぶ必要性を感じていることを示している。さらにひとつの地域の情報だけでは、今後の生コンの品質向上につながっていかないと考えているものと推察される。

また第1章 1.2.3 で述べたように、工場要員不足から工場の中での社内教育が業務を通しての OJT 教育が主体であり、試験部門の従事者が 2 名前後という状況で、外部での講習会や社外教育の機会があったとしても、工場要員の不足から、参加が現状においてすでに困難になっていることに起因すると考えられる。

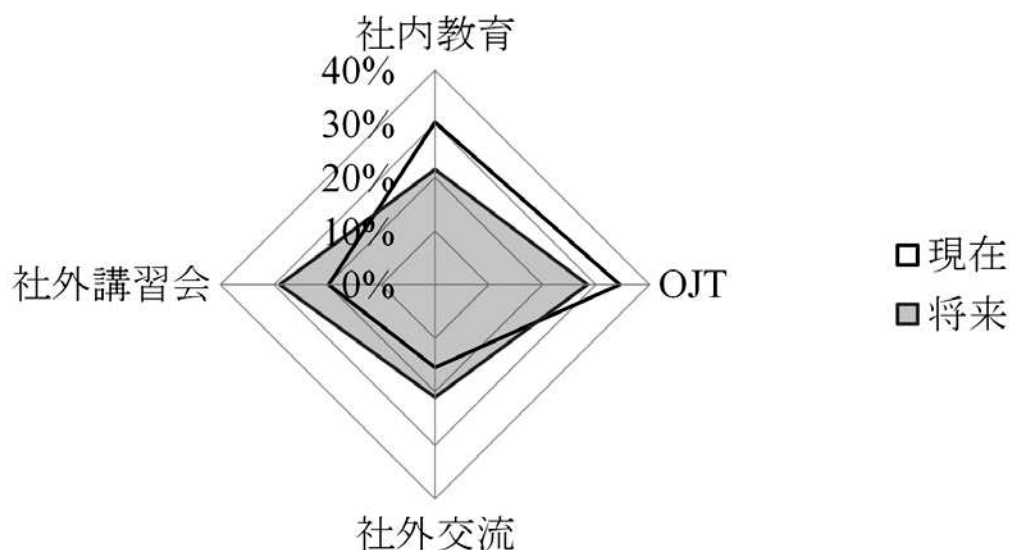


図-3.3.2 教育方法別の総合評価値

各教育項目における現状と将来の教育方法別の重み分布を図-3.3.3～図-3.3.6 に示す。現状の教育方法は「品質教育」「製造教育」では、「OJT」,「安全教育」では「社

内教育」が最も高い割合を占めたが、「環境教育」では「社外講習会」が最高位となった。「社内教育」・「OJT」が社内、「社外交流」・「社外講習会」が社外として、社内・社外別に教育方法を捉えてみると、「品質教育」・「環境教育」は社内・社外がほぼ均衡しているが、「製造教育」は78%、「安全教育」は70%が社内と、各生コン会社内で行なわれている教育への依存度が高いことがわかった。

これに対し、将来の教育方法に対する要望は、「環境教育」・「安全教育」では、「社外講習会」が最も高い割合を占め、「品質教育」・「製造教育」では「OJT」が最高位となった。また「品質教育」・「環境教育」は現状と同様に社内・社外の期待度がほぼ均衡している。同様に「製造教育」は52%、「安全教育」は53%が社内であったことから、社外教育への期待度が高まり、社内・社外との均衡がとれる状態を望んでいることがわかった。

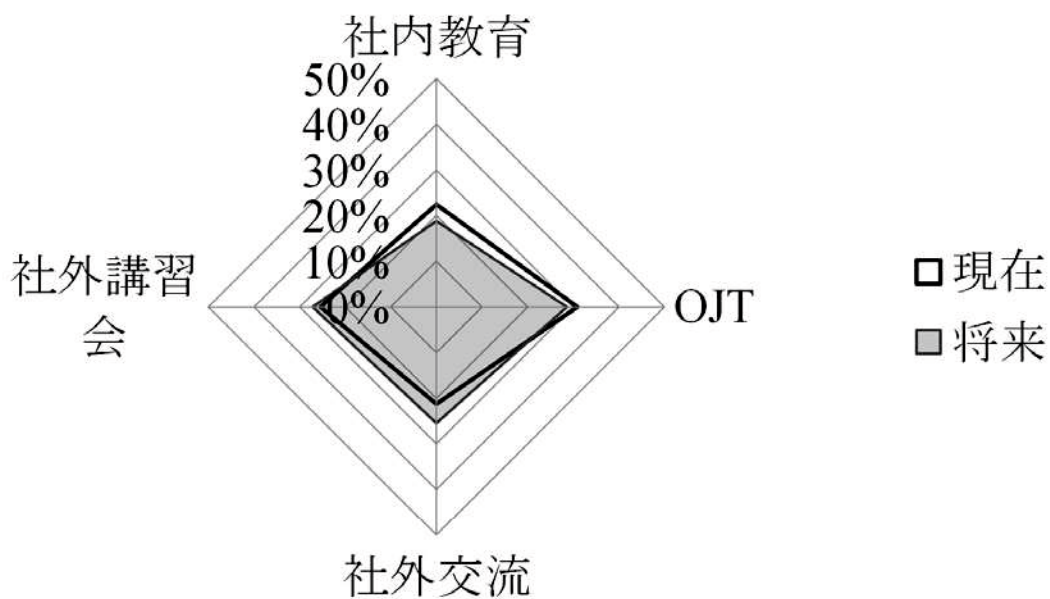


図-3.3.3 教育方法別の総合評価値（品質教育）

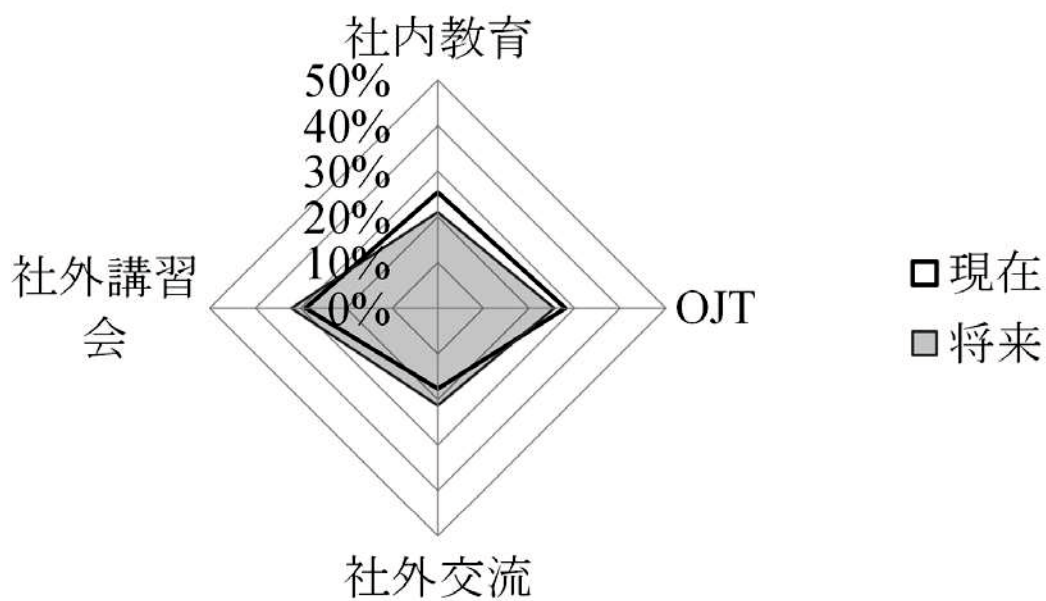


図-3.3.4 教育方法別の総合評価値（環境教育）



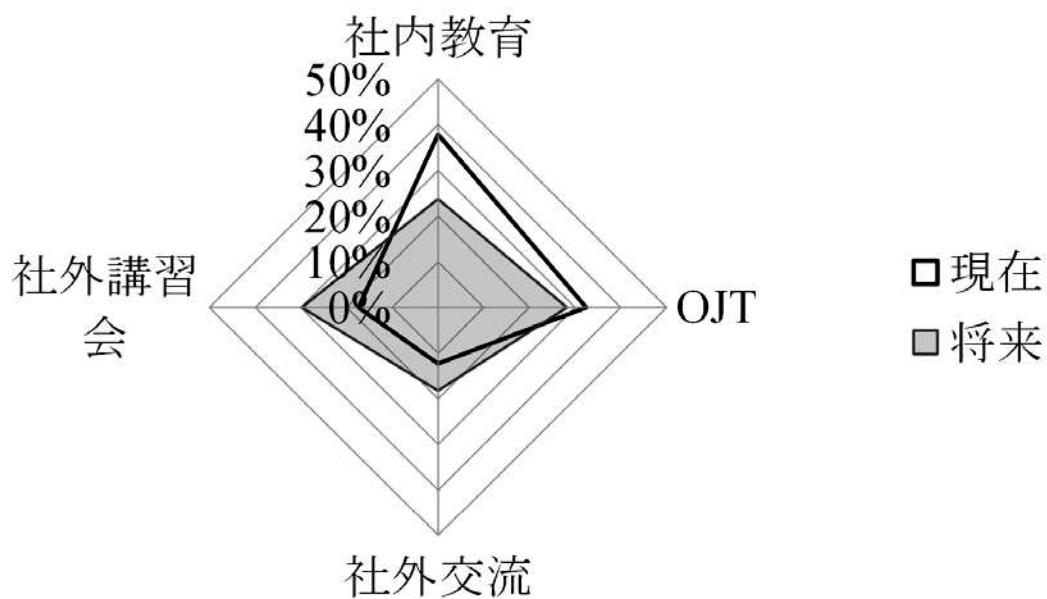


図-3. 3. 5 教育方法別の総合評価値（安全教育）

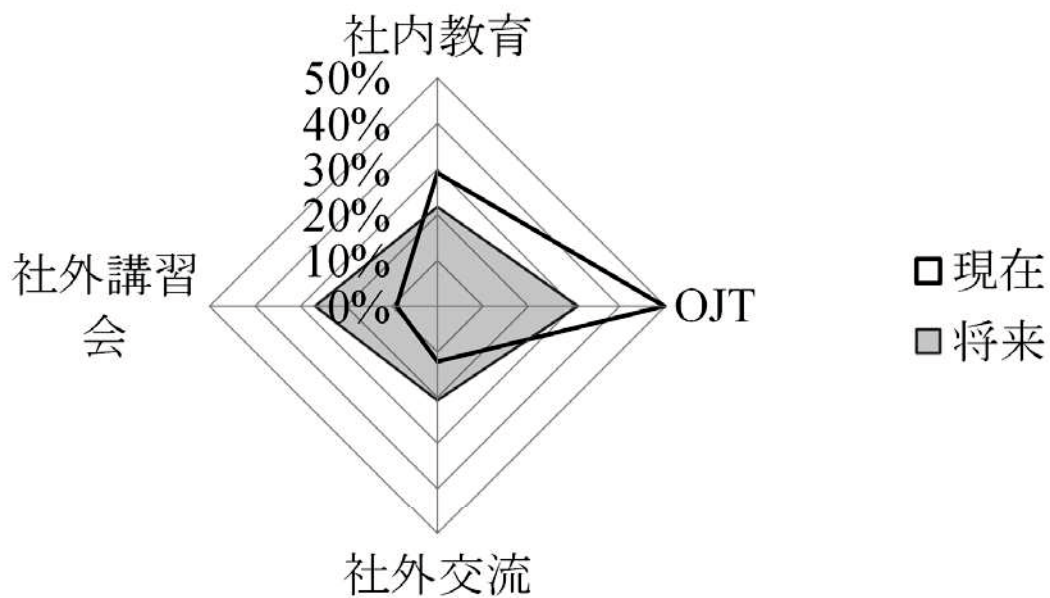


図-3. 3. 6 教育方法別の総合評価値（製造教育）

3.3.3 取得資格別の重要度

コンクリート技術者の熟練度の一尺度として、取得資格別に「コンクリート主任技士」、  
「コンクリート技士」、「資格なし」とすると、重み分布を図-3.3.7 に示す結果となる。  
いずれの資格取得層も「安全教育」の重みが最高位で「品質教育」、「製造教育」、  
「環境教育」と続いている。教育内容別にみても一部例外はみられるものの、取得資格  
別には重みの差異はあまりみられないことがわかった。

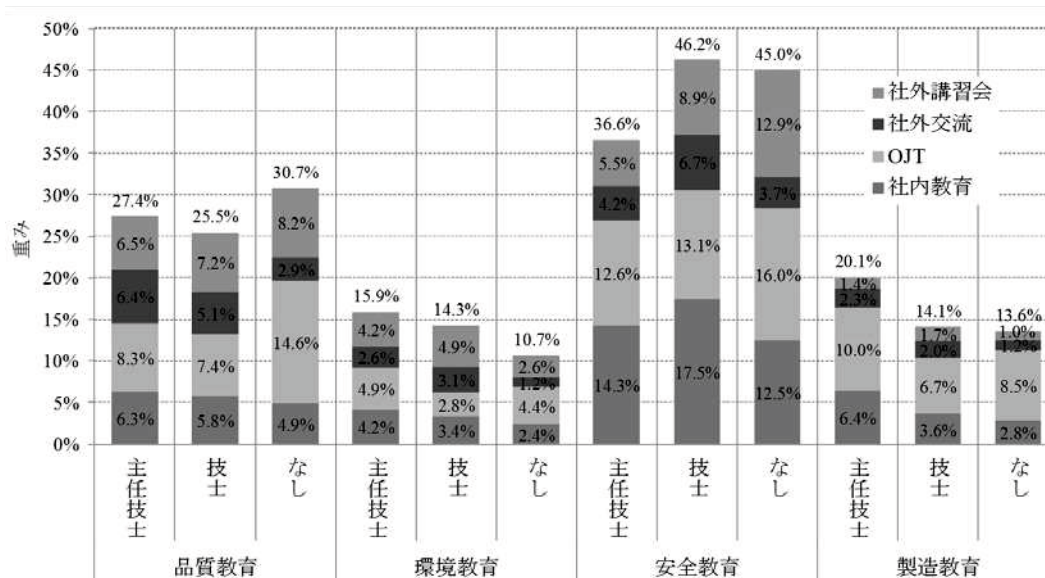


図-3.3.7 取得資格別の総合評価値

#### 3.4 アンケート結果の要点

本研究は、山口県全域における広範な生コン技術者を対象に、現在行われている技術教育に対する評価および今後の充実に向けた教育ニーズを調査することを目的に、アンケート調査を実施した。生コン技術の教育を行う側と受ける側のそれぞれの立場の技術者が、生コン技術教育について、各教育ジャンル別に、現在、いずれの教育方法に重みをおいて実施されていると思うか、また将来、どの教育方法に重みを置くべきと考えているかを調べるために、階層化意思決定法を用いて実施した。

アンケートの結果からは、生コン技術の教育には、これまで以上に社外交流を通じた技術教育の場を構成して充実させることが必要であることがわかった。このような結果を踏まえて、第5章に示す生コンの配合設計に関するグループ学習を通じた若手技術者教育を実施することとした。

本調査で得られた知見を以下にまとめて列挙する。

- (1) 生コン技術者は年齢層や教える側、教えられる側にかかわらず「安全教育」を最重視しており、次いで「品質教育」、「製造教育」、「環境教育」の順に重視している。このことより特に「安全教育」、「品質教育」の実態を調査し、必要に応じて改善を図ることの意義は大きいといえる。
- (2) 現状の「製造教育」・「安全教育」は、各生コン会社内の教育に依存している。今後は会社レベルに留まらず、生コン製造業として組織的に若手技術者の教育・育成が必要であると考えている人が多い。
- (3) いずれの教育分野においても「社外交流」の教育方法への将来の期待度が高い。今後の継続的な技術力向上のためには、情報の共有化や互いの技術力を高める機会が必要であると考えている人が多い。

---

## 第4章

生コンの配合設計教育のための  
標準配合・材料の変遷の調査

---

### 第4章 生コンの配合設計教育のための標準配合・材料の変遷の調査

#### 4.1 概説

本研究では、生コンの技術の中核というべき“配合設計”に着目し、山口県における生コン工場の標準配合（以下、工場配合と称す）（全国生コンクリート工業組合連合会，2008）およびそれらの基準となった山口県生コンクリート工業組合の標準配合（以下、工組配合と称す）を例に、配合設計の変遷について時代背景とともに整理し、文書化した。これは、標準配合の変遷についての文書が以前にはなく、生コンの“配合設計”技術が各種の技術革新のみならず、社会情勢や環境によって大きく変化してきたものの、その経緯や背景を充分に知る若手技術者は皆無に等しいことによる。

本研究では、今後も社会趨勢に応じて変化が求められる高品質の生コンを安定的に供給するために、各時代で熟練技術者が培ってきた技術や経験、時には失敗例などいわゆる「暗黙知」（紺野，2002）を教育資料として「形式知」化し、若手技術者に有用な知識として伝承していくことを目的とした。

“配合設計”では、要求品質を満足し、品質変動を最小化することが求められる。これまでに、標準配合が、生コン技術者により、周囲の状況、材料事情、製造技術、設計方法、規格要求事項、顧客要求事項等の変化に対応して、どのように配合変更が行われ、その生コン品質の基本となる標準配合表がつけられてきたかについて、これからの若手技術者に継承し、さらには技術の発展を促すかが重要な課題であり、これらの変化によって培われてきた生コン技術者の“配合設計”に大きく関わる材料選定・製造技術・品質管理等の経験と知識、そしてコンクリート技術に関わる歴史を適切に次世代の生コン技術者に継承することが必要であると考える。

標準配合を決定するための主な知識内容を「暗黙知」と「形式知」に分けて具体的に例示すると図-4.1.1 のとおりとなる。「暗黙知」とは、“変化に対応した標準配合作成に必要な知識”である。「形式知」とは、土木学会「コンクリート標準示方書」、日本建築学会「コンクリートの調合設計指針・同解説」、過去の標準配合、参考資料等である。現在と過去の標準配合は、生コン技術者が変化に対応し作成してきた。本研究では、その経緯や背景をこれまでの標準配合をもとに過去の変遷を整理し、文書化して、今後の教育資料として活用することを目指した。

また第5章で述べる配合設計のグループ学習の受講者に対して、配合設計についての知識がより深まるように、教育資料の内容を、講習前に開催した研修会で活用した。

本研究では、第4章と第5章とを含めて配合設計の教育を行った。第4章と第5章は、配合設計の教育として一連となっており、第4章における骨材事情の変化とともに変化していった、使用材料の単位絶対容積、単位水量、水セメント比（W/C）、単位セメント量および細骨材率（s/a）の変化にみられる標準配合の変遷の経緯については、将来、

若手技術者が、標準配合を決定する際に必要な不易の知識であり、第5章のグループ学習によって伝承する「暗黙知」とともに、本研究によって伝承すること目指した知識である。

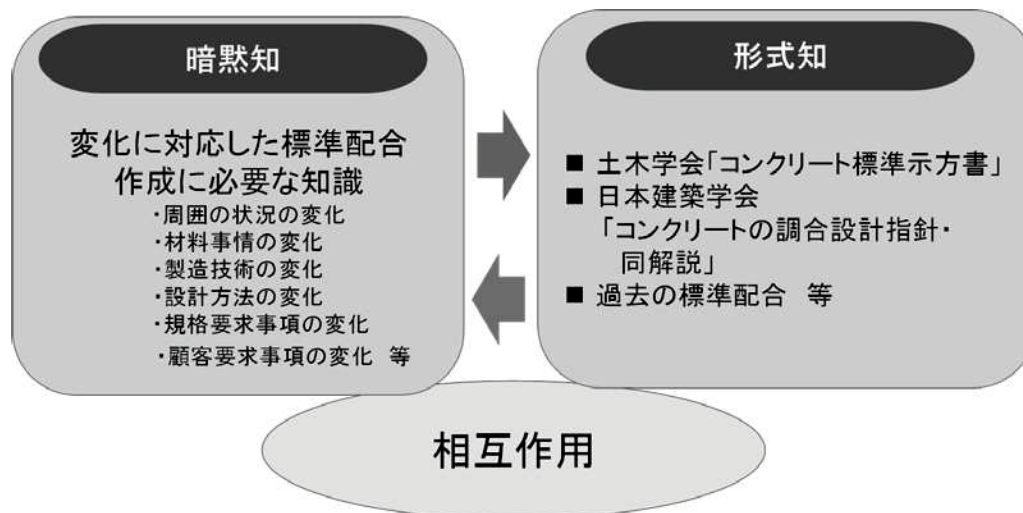


図-4.1.1 「標準配合」作成の暗黙知と形式知

本研究の流れを、SECIモデルの4つのプロセスに対応させると図-4.1.2に示すものとなる。はじめに山口県において生コンが普及してきた高度成長期以降のコンクリート製造技術、特に各社が保管している“配合設計”技術を社会情勢や設計規準・技術の進歩とともに整理を行い、取りまとめた資料を作成した。次に山口県内の生コン技術の指導的立場にある熟練技術者6名による数回のディスカッションを行い、作成した資料をもとに、過去の出来事を振り返ってもらった（共同化）。最後にそれらを文書化し、今後の技術教育に活用できる教材とした（表出化）。

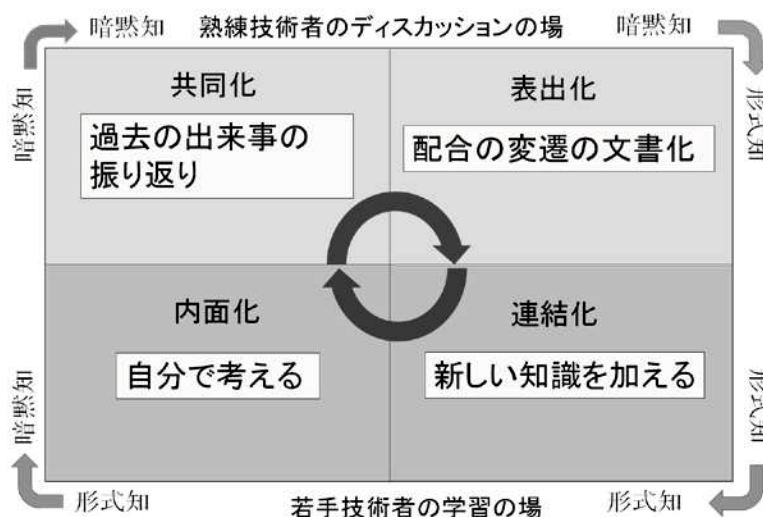


図-4.1.2 SECIモデルによる標準配合の変遷の文書化の意味

## 4.2 生コン技術の周囲の状況の推移

### 4.2.1 生コンの出荷量と価格の推移

1970年代前半から現在までの山口県における生コン出荷量の推移と、県内のある生コン協同組合における単価の推移を図-4.2.1に示す。なおこのグラフでは、代表的な生コン配合（18-18-20N）について、記録が残っている単価を棒グラフとして示している。

出荷量については1970年代に山陽新幹線工事および中国自動車道、山陽自動車道の公共事業の特需と思われる出荷量の増加がみられる。また日本全体がいわゆるバブル経済下にあった1980年代後半には、出荷量の増加がみられるものの急激な増加はみられない。生コン出荷量は過去40年間に約1/3に減少している。一方、生コン単価に着目すると、1980年代から13,500～14,000円程度とほとんど増減はみられない。2009年に上昇しているのは、リーマン不況(2008年)に起因する世界同時不況のもと、生コン需要が急減する中で、厳しい収益構造を改善するため、依然低水準にある生コン価格の是正のために組合がとった値戻しによるものである。

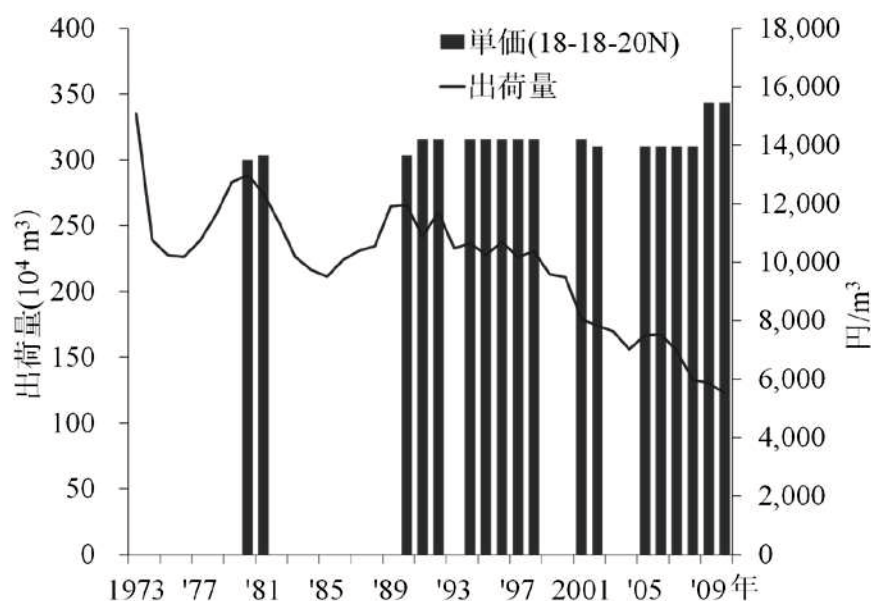




図-4.2.1 生コンの出荷量と単価の推移

### 4.2.2 山口県のコンクリート骨材事情

山口県内のコンクリート骨材は、天然骨材から砕石・砕砂(日本工業標準調査会, 2006)へと全国的にも早い時期から替わっていった。全国の粗骨材種類使用比率は、2013年時点において、砕石 77.8%、河川砂利 11.5%、山陸砂利 10.7%となっている。これに対し、山口県では砕石 99.7%、河川砂利 0%、山陸砂利 0.3%となっている。細骨材種類使用比率においても、全国の河川砂 12.9%、山陸砂 38.8%、海砂 12.4%、砕砂 34.2%に対して、山口県は河川砂 0%、山陸砂 1.4%、海砂 16.5%、砕砂 82.1%となっている。これは環境保全の社会的関心が高まるにつれ、河川砂利・砂が採取できなくなり、-4.2.2 に示すように、山口県では1970年代前半には、粗骨材の使用量のほぼ全量が砕石となり、また細骨材についても-4.2.3 に示すように、2000年代に入り、河川砂、山陸砂ともに使用されなくなった。さらに海砂は瀬戸内海での海砂採取が規制されるなど、天然骨材の確保がますます厳しさを増し、現在ではそのほとんどの生コン工場で砕砂を使用している(経済産業省製造産業局住宅産業窯業建材課, 1971-2013)。

骨材事情の変化に対応し、配合設計の適切な変更によって高品質な生コンの製造を維持することが過去40年間に亘って大きな課題のひとつであり、このため生コン技術者は、これまで多くの検討・改善実績を積み重ね、時代に応じた生コンの配合設計を行ってきた。

第5章で示すグループ学習では、参加者がこれまで使用したことのない河川砂利・砂といった天然骨材を使用することにより、砕石・砕砂との比較を通じて、これまでのコンクリート技術の変遷に関する興味を深まる機会にすると同時に、グループ学習を通じて相互に学べる企画づくりを目指した。



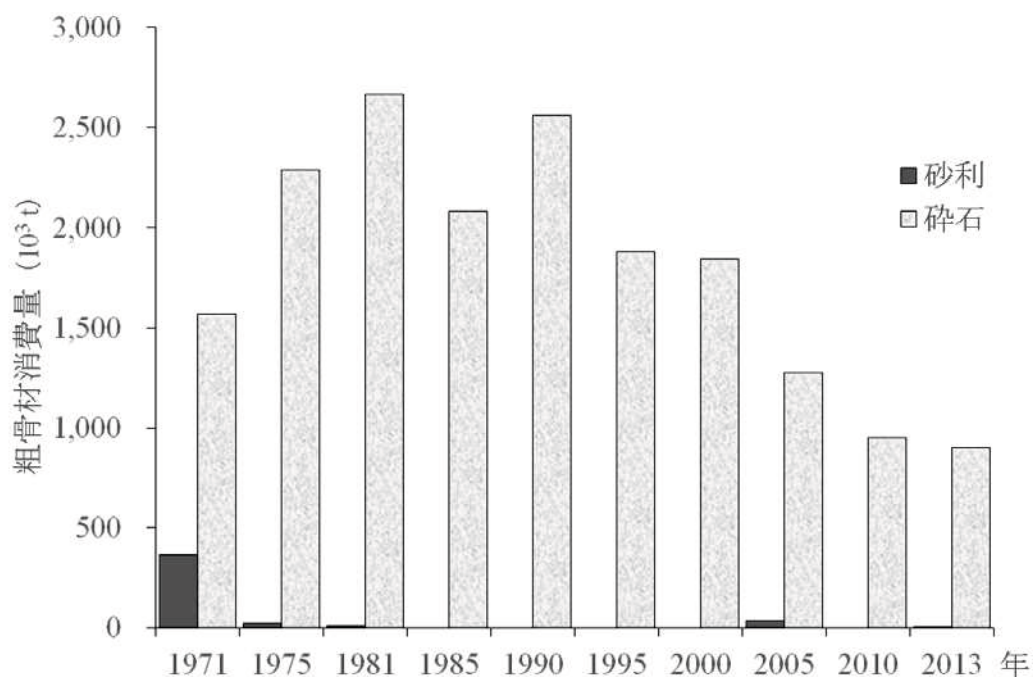


図-4.2.2 粗骨材消費量の推移 (山口県)

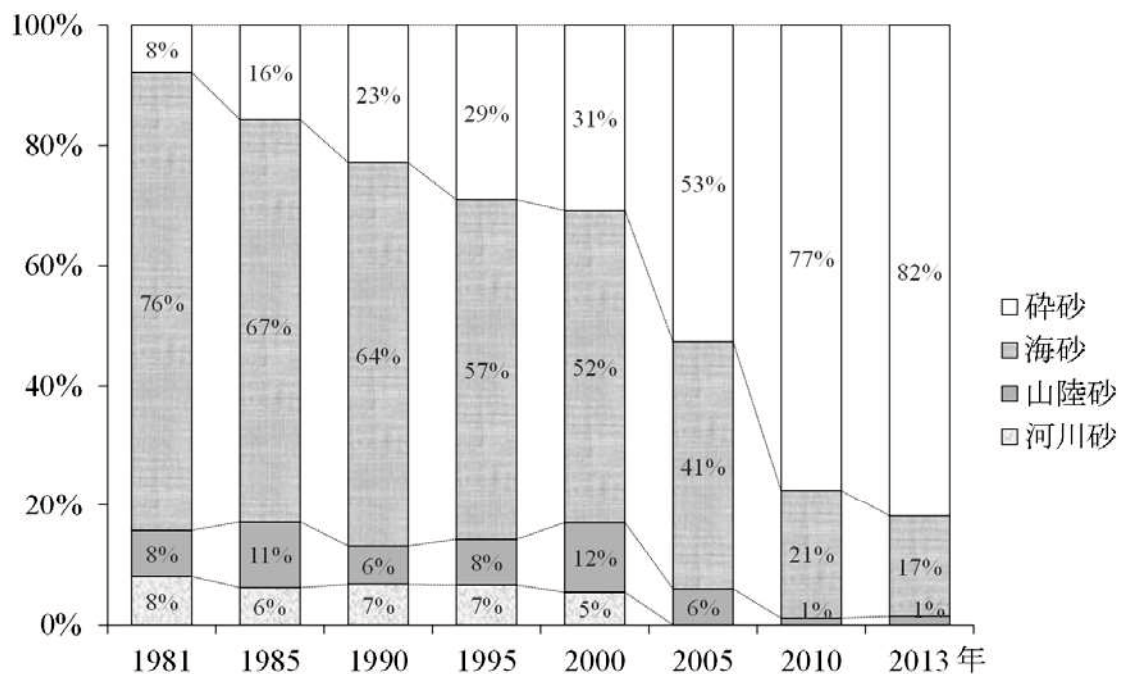


図-4.2.3 細骨材消費量の構成比 (山口県)

4.2.3 生コン技術に関わる主な出来事

山口県の生コン製造技術に影響を与えたと思われる主な社会的な出来事（堺，2004；吉兼，2004；小林，1999；国土技術研究センター，2009；魚本，2006）を図-4.2.2に列挙する。1960年代後半にはポンプ圧送工法や生コンの急激な普及により，施工の迅速化，専門化が進んだ（友澤，2013；魚本，2010）。また環境保全の社会的関心が高まるにつれ，河川砂・砂利が採取できなくなり，代替材としての海砂による塩害も発生し，砕砂・砕石を使用するようになった。これに応じて，単位水量の増加，それにアルカリ骨材反応の顕在化がみられ，低品質のコンクリート構造物が建設されやすい状況となり，コンクリートを巡る社会問題も発生した（小林，1999；国土技術研究センター，2009）。

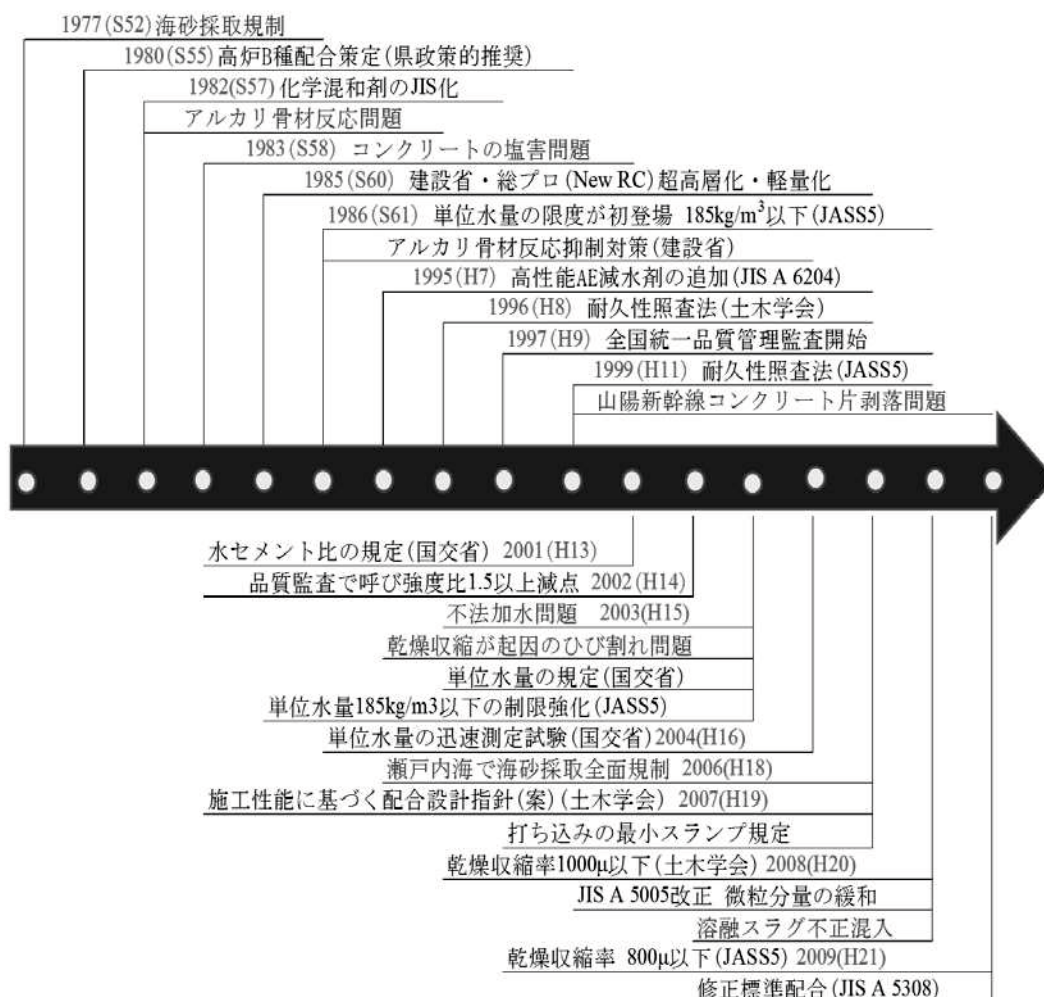


図-4.2.4 コンクリート技術に関わる主な出来事

このような社会問題を受けて、1990年代からコンクリートの耐久性がいっそう重要視されるようになった。設計方法も戦前から行われていた許容応力度法から1980年以降に限界状態設計法に変わり、2000年代以降は性能照査法に移行した（魚本，2009；魚本，2010）。2003年に発生した不法加水の問題は、水セメント比や単位水量が規定される要因になった表-4.2.1（国土技術研究センター，2009；魚本，2006；渡辺，2006）。また施工性能に関する検討もなされ、2007年には、スランプの規定として“打込みの最小スランプ”という定義が設けられた（吉兼，2012；国土技術研究センター，2007）。

コンクリート材料面では、2000年代に入り瀬戸内海での海砂採取が全面規制されるなど、天然骨材の確保がいっそう厳しさを増し、砕砂等人工骨材がその代替材料として使用されるようになった（佐藤・井上ら，2010）。その代替材料をめぐって溶融スラグ不正混入事件が発生している。

また長期耐久性の観点より、各学協会において乾燥収縮の上限値が規定されたことから、多くの生コン工場で石灰石砕砂へ移行するところがみられた（鈴木・辻本ら，2010）。これらの粒形判定実積率の小さい細骨材を使用するため、単位水量の増加をさらに抑制する必要性が生じたが、これには化学混和剤の進歩が大きく寄与し、減水効果の高い高性能AE減水剤や高機能タイプのAE減水剤が幅広く使用されるようになった（友澤，2013；坂井・大門，1999；大川，1999；雨谷，2003）。

生コン製造設備面では、材料計量器機が電子式となり計量の迅速化、高精度化と自動化が進んだことがあげられ、計量印字記録も容易になり品質管理面では細骨材の表面水自動測定器やスランプモニターが普及した（吉兼，2013）。

表-4.2.1 水セメント比と単位水量の規定

水 セ メ ン ト 比	<p>1996年（平成8年）</p> <p>土木学会 コンクリート標準示方書</p> <p>原則として65%以下</p> <p>※耐久性から定まる水セメント比の上限は65%</p> <p>2001年（平成13年）</p> <p>大臣官房技術調査課長（土木）</p> <p>“土木コンクリート構造物の品質確保について”</p> <p>鉄筋コンクリート： 55%以下</p> <p>無筋コンクリート： 60%以下</p>
単 位 水 量	<p>2003年（平成15年）</p> <p>“レディーミクストコンクリートの品質確保について”</p> <p>大臣官房技術調査課長（土木）</p> <p>粗骨材最大寸法20~25mm：175 kg/m<sup>3</sup>以下</p> <p>〃 40mm：165 kg/m<sup>3</sup>以下</p> <p>営繕部建築課長（建築）</p> <p>普通コンクリート： 185 kg/m<sup>3</sup>以下</p> <p>高耐久性コンクリート： 175 kg/m<sup>3</sup>以下</p> <p>※施工段階での単位水量測定の規定</p>

4.3 山口県の工組配合の変遷

4.3.1 工組配合の変遷(1978~2005)

工組配合の変遷を、過去の山口県生コンクリート工業組合が定めた配合（工組配合）に基づき調査した。1978年より2005年の27年間に工組配合は数回の変更がなされた。2005年までの工場配合は、工業組合で協議して作成した工組配合に基づき、水セメント比（W/C）を基準値 $\pm 1\sim 2\%$ 以内、単位セメント量を基準値 $\pm 10 \text{ kg/m}^3$ 以内にするを申し合わせ事項として決定されていた。記録が残っている1978年から2005年までの工組配合の使用材料の単位絶対容積、単位水量、水セメント比（W/C）、単位セメント量および細骨材率（s/a）の変化を以下に整理する。

4.3.2 単位絶対容積

単位絶対容積の変遷を図-4.3.1に示す。1978年より2005年の27年間において、使用材料別の単位絶対容積の変化を24-18-20Nの配合を例にみても、単位水量は $207 \text{ l/m}^3$ から $183 \text{ l/m}^3$ に $24 \text{ l/m}^3$ 減少している。セメントは $123 \text{ l/m}^3$ から $99 \text{ l/m}^3$ に $24 \text{ l/m}^3$ 同じく減少している。これに対し砂は $289 \text{ l/m}^3$ から $332 \text{ l/m}^3$ に $43 \text{ l/m}^3$ 増加している。

一方、粗骨材は1978年より2000年まではほとんど変化しておらず、2000年から2005年にかけてはじめて $16 \text{ l/m}^3$ の減少がみられる。これは海砂使用から砕砂への材料移行が影響しているとみられる。空気量は1978年時点で $30 \text{ l/m}^3$ であったがJIS等の規格改正により4%、さらには4.5%に増加している（吉兼，2012）。

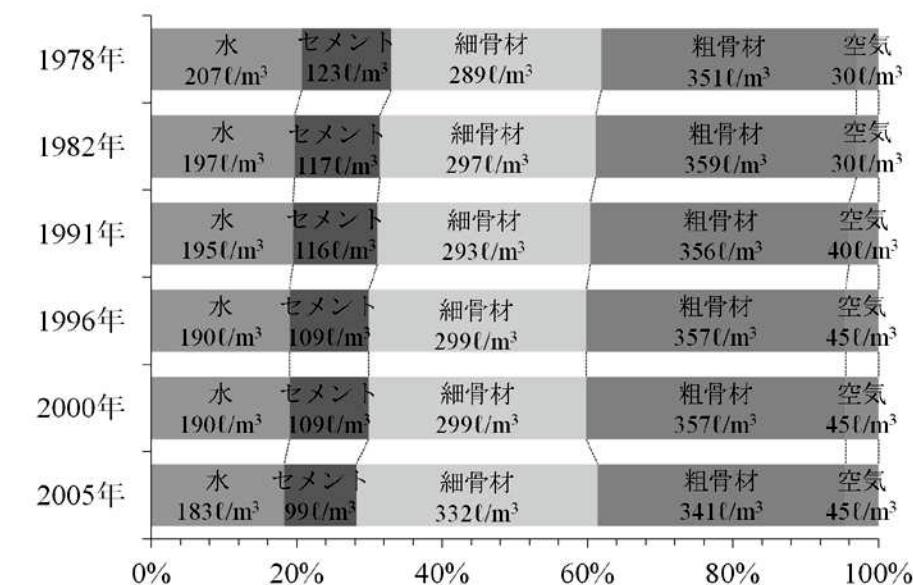


図-4.3.1 生コン使用材料の絶対容積の変遷(24-18-20N)

### 4.3.3 単位水量

1982年のアルカリ骨材反応問題、1983年のコンクリートの塩害問題、さらには1999年の山陽新幹線コンクリート片剥落事故や2003年の加水問題等のコンクリートの品質が社会問題となった(塚, 2004; 魚本, 2006)。コンクリート構造物の早期劣化を防ぐため、国土交通省、土木学会および日本建築学会(JASS5)の設計基準が耐久性照査法に移行し、コンクリートの耐久性がより重要視され、単位水量の低減と管理の重要性が増した。また種々の発注機関や施工者により単位水量の受入検査が行われるようになった。このような中での単位水量の変遷を図-4.3.2及び図-4.3.3に示す。

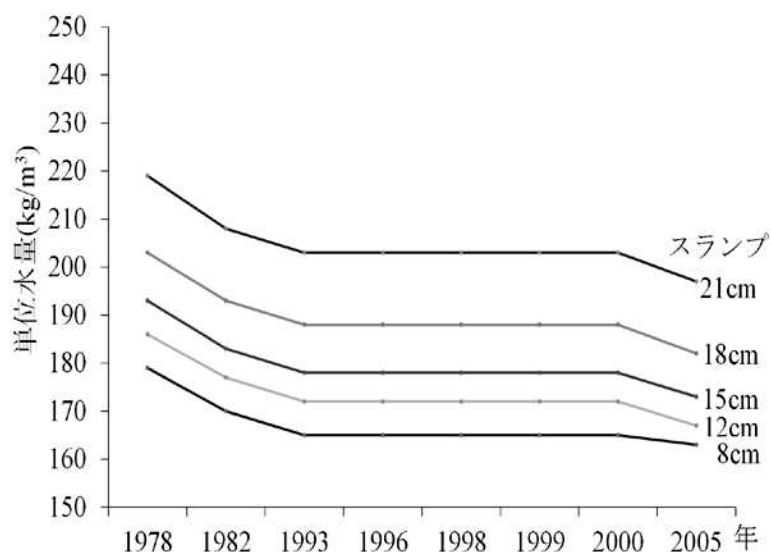


図-4.3.2 単位水量の変遷(呼び強度 21)

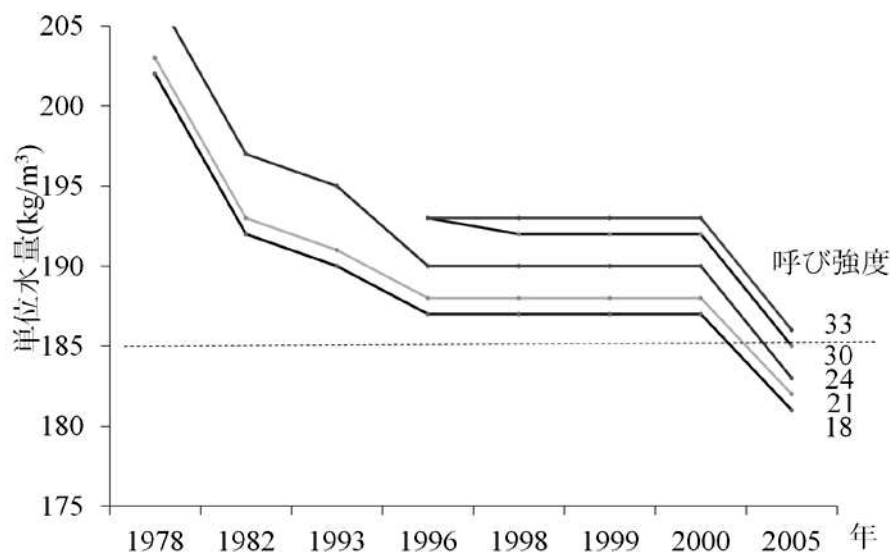


図-4.3.3 単位水量の変遷(スランプ 18cm)

工組配合の単位水量の変化を、呼び強度 21 の配合を例に示すと図-4.3.2 の通りとなる。AE 剤から AE 減水剤への使用混和剤の移行により、1982 年には単位水量を 5% 減じている。1993 年には JIS の空気量が 4% から 4.5% に変更されたことや AE 減水剤の減水率が従来よりも向上したことにより 2~3% 減じている。

次に単位水量の変化を、スランプ 18cm の配合を例に示すと図-4.3.3 の通りとなる。2003 年の国土交通省の通知により、普通コンクリートの単位水量の上限値が  $185 \text{ kg/m}^3$  と規定されたことから、2005 年には工組配合の呼び強度 30 以下の各配合の単位水量を 3~4% 減じた。これにより呼び強度 30 以下で単位水量の最も多い配合の呼び強度 30、スランプ 18cm の配合を  $185 \text{ kg/m}^3$  とした。

呼び強度 33 以上の配合では、呼び強度 30 の配合よりもさらに単位セメント量が多くなり、単位水量も多くなる。2005 年の変更では、単位水量の上限値の規定に対応させるために AE 減水剤よりも減水率が高い、高性能 AE 減水剤の使用を前提とした配合を新たに加えた。その結果、呼び強度 33、スランプ 18cm の配合の場合、AE 減水剤使用で  $186 \text{ kg/m}^3$  であった単位水量を  $175 \text{ kg/m}^3$  まで減少させ、呼び強度 36、40 でスランプ 18cm の配合も単位水量が  $178 \text{ kg/m}^3$  以下とした。

さらに各配合で、夏期には長期強度の低下を防止するためセメントの初期水和反応を抑制することができる AE 減水剤遅延形を使用する工組配合を決定し、各工場でこれに基づいて標準化し、工場配合を決定した。

### 4.3.4 水セメント比 (W/C)

セメントペーストの濃度を示すものであり、フレッシュコンクリートの材料分離抵抗性および硬化後の強度や耐久性に関わる指標としての水セメント比 (W/C) は、図-4.3.4 に示すように 1978 年より 1993 年まで全く変化はなく、この期間は実状より小さく設定されていた。当時、生コン工場間で大きな品質格差がみられ、品質管理が不十分で強度のばらつきが大きな工場に基準をおいて工組配合が作成されていた。そのため、結果として時代とともに全体的に過剰な強度発現がみられるようになってきたため、過去 2 回見直しを行っている。1 回目は 1996 年に工組配合の水セメント比 (W/C) を 1~2%、2 回目は 2005 年で、水セメント比 (W/C) を 2~3% 大きくしている。

1996 年前期 (2 月) の山口県工業組合の品質監査の製品検査結果の記録によると、図-4.3.5 に示すように、59 工場中 42 工場 (約 71%) が管理限界値を超えていたことが 1 回目の見直しの背景にあった。なおこの管理限界値は、標準偏差  $\sigma = 2\text{N/mm}^2$ 、呼び強度の値を下回らないように「管理限界」を  $3\sigma$  とし、管理限界値としたものである。また 2 回目の見直しの背景には、山口県における全国統一品質管理監査の実地検査において、材齢 28 日圧縮強度試験の結果を呼び強度の強度値で除した、強度の過剰の程度を示す「呼び強度比」が 1.5 を上回る工場数およびその比率の推移は「2001 年度全国統一品

「品質管理監査報告書」によると、図-4.3.6に示すように、55工場中19工場、全体の34.5%と多かったことがあった。同品質監査において呼び強度比が1.5以上となった場合は減点対象となった2001年より、工組配合で水セメント比(W/C)を変更した2005年にかけては減少し、2005年には56工場中6工場、10.7%まで減少している。

ところが2006年に再び増加に転じその後減少してきているのは、2005年の工組配合変更の際、スランプ18cm以下、呼び強度30以下の単位水量を5~7kg/m<sup>3</sup>減らして185kg/m<sup>3</sup>以下に変更されたことに対応するため、各工場が高機能型のAE減水剤に混和剤の種類を変更したことによる影響が原因の一つと考えられる。このことは既往の文献においても同様の指摘が行われている(新居・川原ら, 2013)。

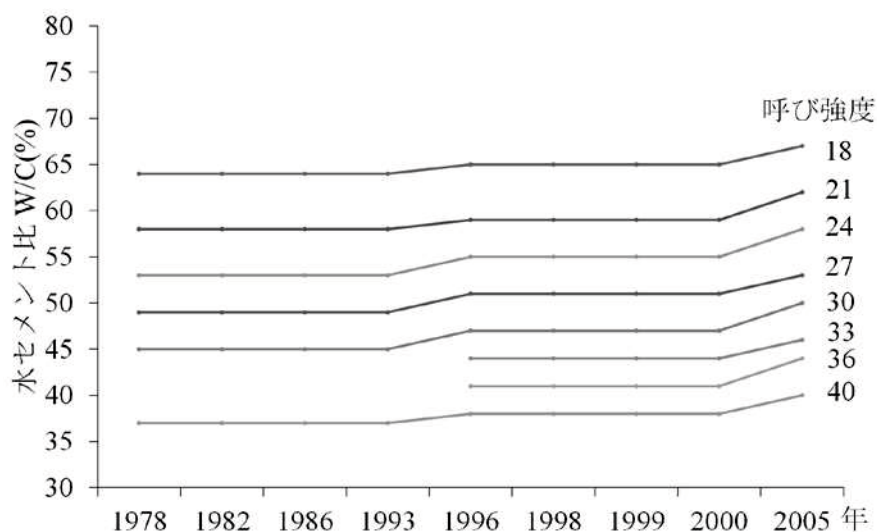


図-4.3.4 水セメント比(W/C)の変遷

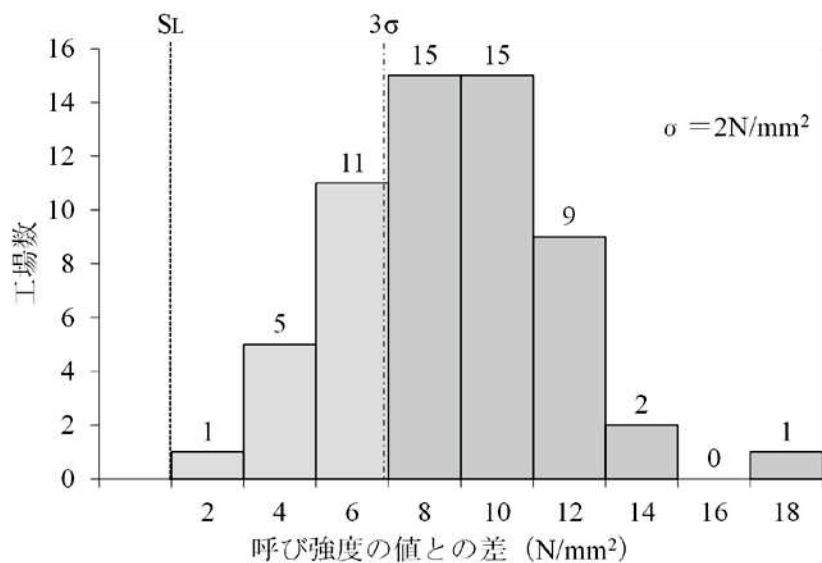


図-4.3.5 呼び強度との値の差



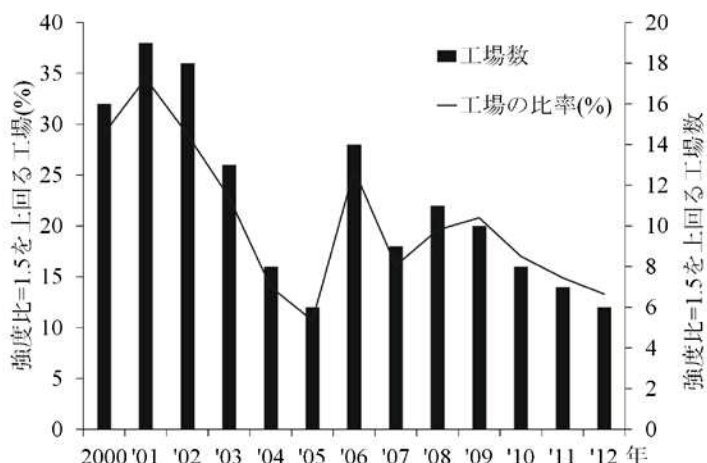


図-4.3.6 呼び強度比 1.5 を上回る工場数および比率

#### 4.3.5 単位セメント量

1996 年当時の山口県中部生コン協同組合の、工組配合の見直しに関する資料によると、工組配合は、AE 減水剤を用いないコンクリートを基本として作成されていたこと、そして工場間の品質格差が大きかったことにより、単位セメント量は多めに設定されていた。1978 年の工組配合の作成時、生コンの積算価格(円/m<sup>3</sup>)は単位セメント量に応じて決定されていたことから、経済性の観点により単位セメント量の減少が求められた。また 1982 年には AE 減水剤を標準的に使用する工組配合となり、単位セメント量の減少が可能となった。さらにコンクリートのひびわれ抑制・耐久性向上のため、単位水量を減じたところ、圧縮強度が過剰に出る問題が生じた。そのため、図-4.3.7 に例示するように、1982 年には 13~17 kg/m<sup>3</sup>、1993 年には 6~9 kg/m<sup>3</sup>、2005 年には呼び強度 30 の配合では、40 kg/m<sup>3</sup> 近く単位セメント量を減じており、単位水量以上に減じて水セメント比(W/C)を大きくしている。

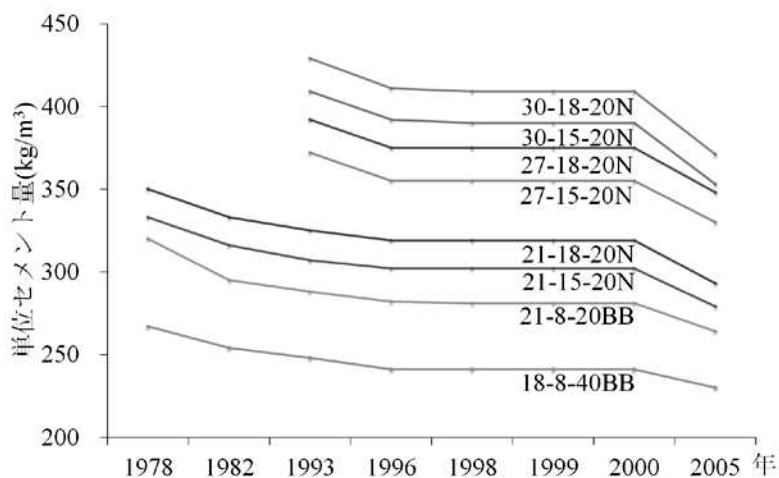


図-4.3.7 単位セメント量の変遷

#### 4.3.6 細骨材率 (s/a)

山口県においては、環境保全のため（瀬戸内海の）海砂の使用が困難となり、多くの生コン工場では砕砂を中心とする細骨材に置換され、現在に至っている。細骨材の天然砂から砕砂への移行により、天然砂よりも実積率が小さく角張った粒形の砕砂の使用による単位水量の増加とポンプ圧送性の低下が技術的課題となった。これに加えて、単位セメント量の低減、またポンプ圧送施工の普及と打設量の増加からポンプ圧送性向上の施工者ニーズの影響が大きくなったことから（友澤, 2013）、全体的に増加傾向にある。工組配合の細骨材率 (s/a) は図-4.3.8 に示すように、1996年には0.2~1.5%、2005年に3~4%増えている。これは海砂から砕砂への材料の移行と水セメント比 (W/C) を大きくするために単位セメント量を減らし、その分細骨材量を増加させたことが原因である。

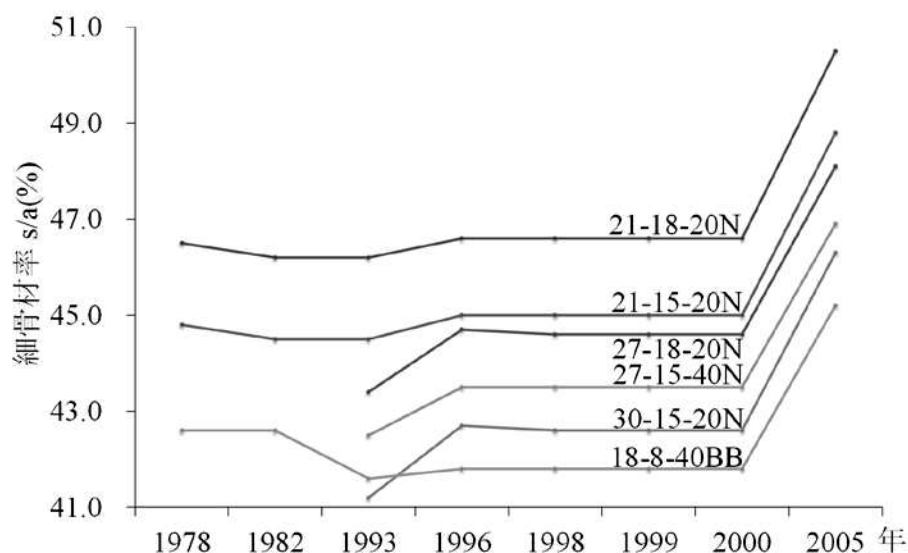


図-4.3.8 細骨材量 (s/a) の変遷

#### 4.3.7 工組配合 (2005年) の決定過程

工組配合の最新版は2005年に決定され、その後現在に至るまで適用されている。山口県内の熟練生コン技術者によって「工組配合検討プロジェクト」が2002年に発足し、各工場の技術者に対するアンケートの回答をもとに、工組配合についてのレビューが開始された。この結果を踏まえて工組配合の見直しを検討し、各工場の強度の季節変動の実態調査や高機能型 AE 減水剤の試し練り等が行われた。2004年から2005年にかけて各協同組合単位で、新工組配合に対応するため、表-4.3.1 に示す各工場間の申し合わせ事項を決定し、これを基準にして各生コン工場ではそれぞれの材料や条件に応じた工場配合が作成されるようになった。

表-4.3.1 山口県の工組配合(2005年)の決定過程

<p>問題点</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・各工場の原材料等の違いに対して，統一配合では対応できない。</li> <li>・設計強度と実績強度の差が大きい。</li> <li>・水セメント比や単位水量の規定に対応できない。</li> </ul>
<p>検討事項</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・より実態にあった配合の検討</li> <li>・強度の季節変動に対応できる工組配合の検討</li> <li>・AE減水剤高機能タイプや高性能AE減水剤の使用を加味した工組配合の検討</li> </ul>
<p>盛り込まれた内容</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・工組配合のAE混和剤を高機能型に変更する。 (理由) 呼び強度30以下，スランプ18cm以下は，単位水量を185 kg/m<sup>3</sup>の規定値以下にするため。</li> <li>・骨材最大寸法20mm(碎石)Nセメント使用の配合表に高性能AE減水剤使用の配合を追加する。</li> <li>・各協組独自の以下の申し合わせ事項を決め各工場配合で対応する。             <ul style="list-style-type: none"> <li>i) 水セメント比(W/C)の規定に対応する呼び強度(発注仕様)</li> <li>ii) 単位水量の規定に対応するため使用する混和剤の種類</li> <li>iii) 夏期に使用するための遅延型AE減水剤の標準化</li> </ul> </li> </ul>

#### 4.4 山口県の工場配合の現状

##### 4.4.1 工場配合の現状

山口県中部を中心とした生コン工場 9 工場の工場配合が工組配合（2005 年）の適用開始から現在に至るまでの変遷を，各工場別に現在適用している工場配合表（2013 年 11 月時点）と工組配合表（2005 年）との比較により調査した．単位水量，単位セメント量，水セメント比(W/C)および細骨材率(s/a)についての調査結果は以下のようなになる．

##### 4.4.2 単位水量および単位セメント量

各工場のスランプ別の単位水量は，図-4.4.1 に示すように各社によって減少幅は異なるが，工組配合（2005 年）よりも最大で 5%減少している．

コンクリートの耐久性が重要視され，単位水量の低減と管理の顧客要求が強くなり，機関や施工者による単位水量の受入検査がより厳密に行われるようになった．そのため各生コン工場は 2005 年以降，それぞれの材料や条件に応じてより実態にあった工場配合を作成するようになり，単位水量についても独自のものとなった．工組配合に比べて単位水量が減少したことは，各工場が AE 減水剤の高機能型を使用するようになったためである．同様に，単位セメント量の比較を図-4.4.2 に示す．配合別の単位セメント量の減少幅は各工場によって異なるが，工組配合（2005 年）よりも最大で 5%程度減少している．これは前述の単位水量の減少に対応したものであり，その削減率とほぼ同程度まで低減できたことによる．

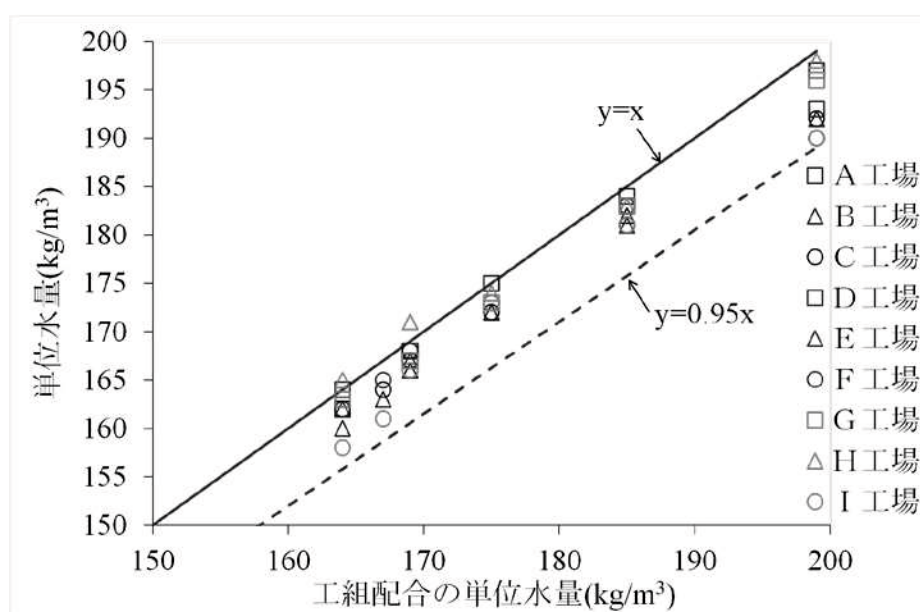


図-4.4.1 単位水量の比較(呼び強度 27)

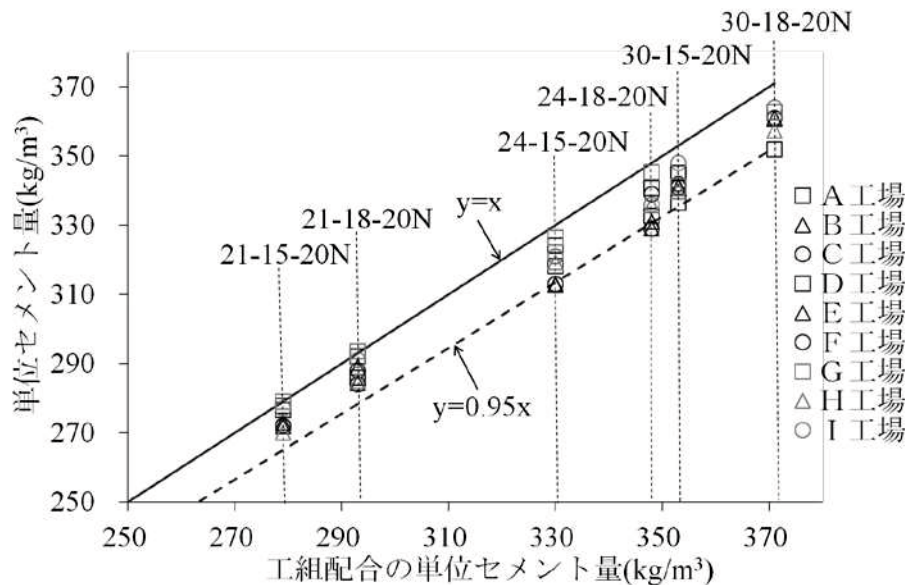


図-4.4.2 単位セメント量の比較

4.4.3 水セメント比(W/C)

呼び強度別の水セメント比(W/C)は、図-4.4.3に示すように、各工場間で差異はほとんどなく、工組配合表(2005年)よりも1~2%大きくなっている。過剰強度に対して2005年までの工組配合で対応がとられてきたが、さらなる過剰強度発現の対策として、次のような状況(各種規準・顧客ニーズ・材料の変化)を考慮しながら、各工場でW/Cを若干大きく設定したことによる。

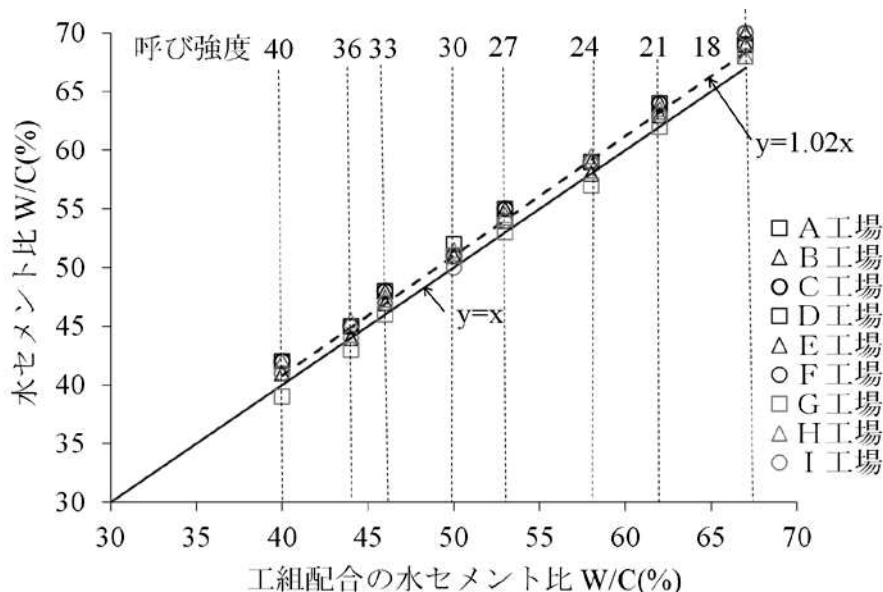


図-4.4.3 水セメント比(W/C)の比較

JIS A 5308(レディーミクストコンクリート)や JASS5 では、1回の試験値(3本の供試体強度の平均値)が呼び強度(JASS5では調合管理強度)の85%以上であること、かつ3回の試験値の平均値が呼び強度(JASS5では調合管理強度)以上であることが合格判定のための条件となっている。一方でコンクリート標準示方書の規準では、設計基準強度を下回る不良率は5%以下とされるが、実際には顧客から呼び強度以上を要求されることもしばしばである。さらに原材料の品質変化に伴う強度のばらつきも考慮しなければならない。

これらの各種条件・状況変化に対応するため、各工場では、これまでの実績等に基づいて強度のばらつき予測を行い、目標強度を定めている。今後も様々な条件・状況の変化を勘案しながら、水セメント比(W/C)を適切に定めていくことが生コン技術者の重要な課題といえよう。

#### 4.4.4 細骨材率(s/a)

各工場の配合別の細骨材率(s/a)を図-4.4.4に示す。I工場のように工組配合(2005年)よりも13%増加している工場がある一方、B工場やG工場のように3%の減少がみられる工場もある。これは各工場で使用される細骨材の種類が、花崗岩砕砂、石灰砕砂、硬質砂岩砕砂、海砂と異なり、さらにこれらを各工場が独自の混合比で混合砂として使用しているためである。配合設計において細骨材率(s/a)は、所定のワーカビリティが得られる範囲内で、単位水量を最小となるように試し練りで定めるのが原則である。工組配合(2005年)は、異なる骨材事情によらず平均的な細骨材率(s/a)定めたものであったが、各工場において試し練りで定められた細骨材率(s/a)では骨材種類の影響が大きいため、図-4.4.4に示すように一定の傾向はみられない。

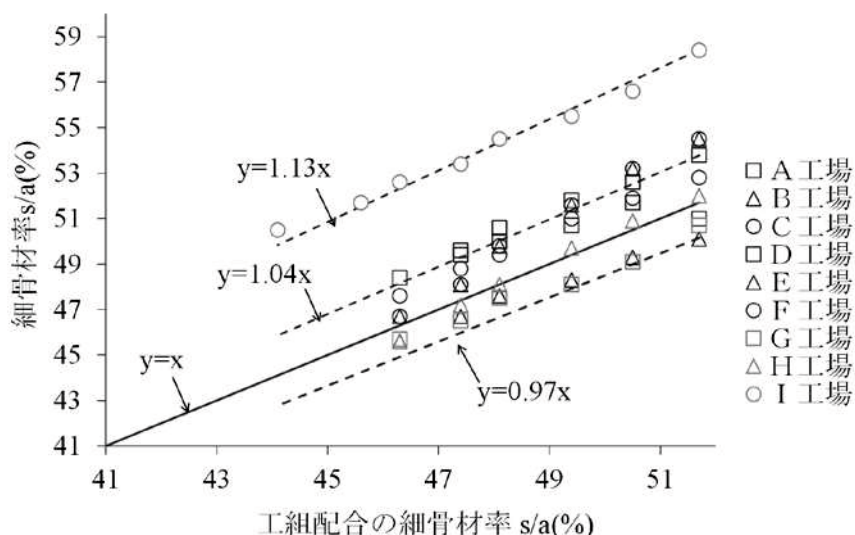


図-4.4.4 細骨材率(s/a)の比較 (スラブ18cm)

### 4.5 標準配合の変遷の要点

本研究では、1970年代から現在に至るまでの約40年間に、山口県内の生コン技術者により決定されていった工場配合の変遷を調査した。配合決定に大きな影響を与えたと思われる出来事を年表にまとめ、配合の変化とその原因を知るために1978年から2005年の27年間の工組配合の品質指標を調査した。また2005年より現在までは、山口県中部を中心とした生コン工場9工場の各工場配合と工組配合との品質指標を比較することにより、現在の各工場の工場配合の決定要因を調査した。この調査の主な要点を以下にまとめて列挙する。

- (1) 山口県の工組配合では、単位水量が約  $20 \text{ kg/m}^3$  (11%)、単位セメント量が約  $60 \text{ kg/m}^3$  (17%) 減少し、水セメント比 (W/C) は約 5% 大きくなった。天然砂から砕砂への移行により、単位水量の増加とポンプ圧送性の低下が懸念されたことから、工組配合の細骨材率 (s/a) は 3~4% 増加した。
- (2) 工組配合は、品質管理が不十分で強度のばらつきが大きな工場に基準をおいたものであった。一方、耐久性確保のため、単位水量の上限値が規定され減水率が高い混和剤が使用されるようになってきた。その結果、全体的に過剰な強度発現がみられるようになってきたため、1996年に工組配合の水セメント比 (W/C) を 1~2%、2005年に水セメント比 (W/C) を 2~3% 大きくして対応した。
- (3) 単位水量の低減と管理の顧客要求が強くなり、各工場の材料や条件に応じてより実態にあった工場配合を作成するようになり、工組配合 (2005年) よりも最大で単位水量および単位セメント量は 5% 減少した。さらに過剰強度発現の対策のため、各工場で工組配合表 (2005年) よりも水セメント比 (W/C) は 1~2% 大きくし対応がとられてきた。

### 4.6 まとめ

今後も生コンにおける“配合設計”では、要求品質を満足し、品質変動を最小化することが求められる。これまで生コン技術者により培われてきた“配合設計”に関わる材料選定・製造技術・品質管理等の経験を、次世代の生コン技術者に継承することが必要である。今回の材料・標準配合の調査により、河川砂利・砂の枯渇や海砂採取の禁止等の環境保全対策により全国的にも骨材事情の厳しい九州・中四国地方において、骨材事情の変化に対応し、“配合設計”の適切な変更によって高品質な生コンの製造を維持することが過去40年間に亘って大きな課題のひとつであったこと、この中に生コン技術者の先人達が経験を通して培ってきた多くの「暗黙知」である“変化に対応した標準配合作成に必要な知識”があったことがわかった。本研究では、生コン配合の変遷を整理するとともに、当時の考え方を示したものを文書化して「形式知」化した。作成した資料は、今後の教育の教材として利用するために熟練技術者および若手技術者に配布するとともに、その内容をもとに技術研修会等で講義を行った。さらに第5章で述べる配合設計のグループ学習の受講者に対して、配合設計についての知識がより深まるように、教育資料の内容を、講習前に開催された研修会で教育した。(図-4.6.1, 図-4.6.2)。このような研修教育を踏まえて、次章に示す生コンの配合設計に関するグループ学習を通じた若手技術者教育を実施した。



図-4.6.1 標準配合の変遷を解説した技術研修会の様子



協組間 合同技術会議 次第		
周南協組・中部協組 技術委員会		
1. 開催日時	平成25年12月6日(金) 13:00~16:50	
2. 開催場所	山口県生コンクリート工業組合 3階会議室	
3. 出席者	別紙・名簿による	
4. プログラム	(総合進行役:周南協組/木村 博明 タイムキーパー:中部協組/藤田 美佐夫 記録係:周南協組/中坪 寛暁)	
・開催挨拶	周南協組技術委員長 西村 好夫	13:00~13:05 (0:05)
【プレゼンテーション 13:05~16:45】		
<周南協組発表カリキュラム> 13:05~		
①特殊コンクリート出荷事例報告/中国自動車道豊野第五橋床版補修工事	石田(10分) /座長:本村 ・質疑応答 5分	13:05~13:15 (0:10) 13:20~13:25 (0:05)
②AE減水剤配量分液剤の空気量への影響と対策事例	谷山(10分) /座長:吉永 ・質疑応答 5分	13:30~13:40 (0:10) 13:40~13:45 (0:05)
③納入容積の見直しについて	片山(10分) /座長:西村 ・質疑応答 5分 ・休憩 15分	13:50~14:00 (0:10) 14:00~14:05 (0:05) 14:05~14:20 (0:15)
<中部協組発表カリキュラム> 14:30~		
①協組内8工場のフレッシュコンクリートの性状と配合設計	小椋(10分) /座長:中里 ・質疑応答 5分	14:20~14:30 (0:10) 14:30~14:35 (0:05)
②現場水中温度の簡易推定	北村(10分) /座長:内田 ・質疑応答 5分	14:40~14:50 (0:10) 14:50~14:55 (0:05)
③セメント特性値把握試験中間報告	藤永(10分) /座長:河村 ・質疑応答 5分	15:00~15:10 (0:10) 15:10~15:15 (0:05)
④裏りコン抑制対策委員会の活動報告	鍋田(10分) /座長:佐古 ・質疑応答 5分 ・休憩 10分	15:20~15:30 (0:10) 15:30~15:35 (0:05) 15:35~15:45 (0:10)
⑤特別講演 山口県の配合変遷について	平山(15分) /座長:井上 ・質疑応答 5分	15:45~16:00 (0:15) 16:00~16:05 (0:05)
・田村教授からのコメント		16:15~16:30 (0:15)
・寺下工組技術委員長からのコメント		16:30~16:45 (0:15)
・閉会挨拶	中部協組技術委員長 井上 守	16:45~16:50 (0:05)

図-4.6.2 生コン技術研修会における標準配合の変遷教育



---

---

## 第 5 章

### 生コン工場における若手技術者の 配合設計のグループ学習

---

---

### 第5章 生コン工場における若手技術者の配合設計のグループ学習

#### 5.1 概説

本研究では、生コン技術のうち、一般的な工業製品にみられない特殊性をもつ“配合設計”の効果的な教育方法の策定、実施および検証を目的として、“生コン工場における若手技術者のためのグループ学習”を行った。

生コン製造業は、原材料の調達事情や建設環境など、同様の懸念事項や課題を地域単位で多く持っている。そのために地域単位で熟練技術者が持つ経験・知識を、知的財産として情報共有することに大きな意義がある。そのメリットを生かすためには、同じ地域の生コン工場が共同で情報共有し、管理する仕組みが必要となってくる。一方、製造技術の進歩や要員不足等により、生コンの技術者が“配合設計”に携わる機会が減少している。このため次世代を担う若手技術者のコンクリートの基礎に関する知識不足が危惧される。

そこで、本研究では、品質管理の中核となる“配合設計”技術を、同じ地域の生コン工場の技術者が「社外交流」の学び合いの場を通じて、学び合うことができるグループ学習を他分野の教育に先駆けて策定し、実施することとした。

山口県中部地区内の各工場の技術者を対象に、グループ学習による実践的教育を行った。本研究では、「学びの機会」と「場づくり」の目標を定め、これまで使用したことのない骨材等を用いて、目標値に近いコンクリートの作製をコンペ形式で行った。

#### 5.2 グループ学習による教育の目的

生コンの品質においては、「施工性」および「強度」を確保することが重要とされる。このうち「施工性」については1.3.9で示したとおり、生コン独特の特殊性をもち、プラスチックでワーカブルなフレッシュコンクリートを作製するためには、教科書的な知識のみでは困難で、経験に基づいた総合力が必要となってくる。このため生コン技術は、熟練技術者の経験と実践に頼るところが大きく、理論による科学的理解と経験による実践的知識の両方が必要とされる。「施工性」を確保する知識には、必要とされる「形式知」のみではなく、経験と実践から培われた「暗黙知」がある。これらの熟練技術者の持つ「暗黙知」を若手技術者に教育していくことにより、配合設計のための総合力を身に付けさせることが、生コン製造業の中核となる技術の継承を推進することであり、グループ学習による教育の目的である。

配合を決定するための主な知識内容を「暗黙知」と「形式知」に分けて具体的に例示すると図-5.2.1のとおりとなる。本学習では、これらの「暗黙知」の重要性を若手技術者が理解できたかを、教育効果の確認として最後にアンケートにより検証した。

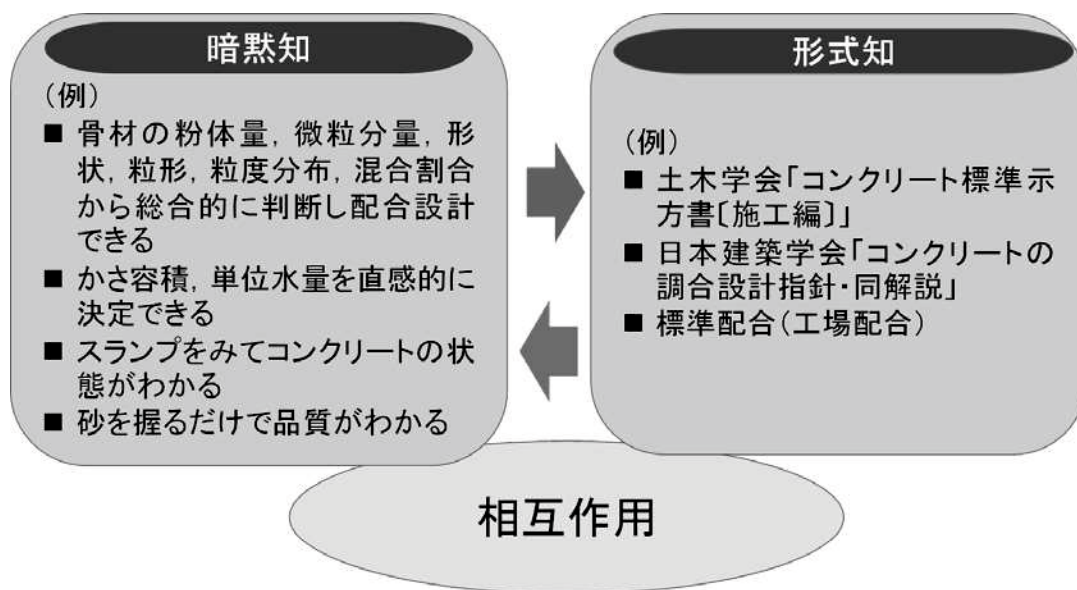


図-5.2.1 「施工性」の暗黙知と形式知

グループ学習の計画・立案にあたり、知識創造のプロセス・モデルである SECI モデルを知識習得のための基本プロセスとして参考にした。本研究で実施した（後述の）グループ学習の流れを、SECI モデルの4つのプロセスに対応させると図-5.2.2 に示すものとなる。

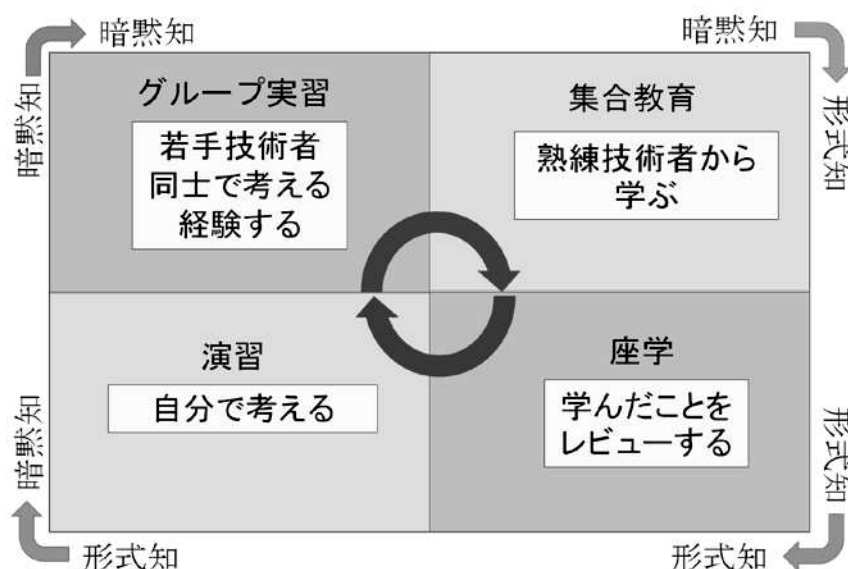


図-5.2.2 グループ学習の流れ

このグループ学習では、これらのプロセスを通して次のような「学びの機会」と「場づくり」を目指した。すなわち、[i] 参加者がこれまで体得してきた配合設計への理解度をセルフチェックする機会とする；[ii] 参加者と同じような立場にある技術者の異なる見解を学ぶことにより、自らの不足点や他者のよい点を認め、広範な経験・知識を体得する機会をつくる；[iii] 若手技術者は熟練技術者の知識と比較し、その違いと自らの不足点を体得する機会とする；[iv] 全体を通して、自らの考え方を他の技術者に伝える能力を培う機会とする；[v] 得点評価(コンペ形式)をとることにより、グループで競い合いながら学習できる内容とする；[vi] 設計と実測値とがいかに違ってくるかの認識を持ち、その違いがなぜ生じるのかを考える機会をつくる；本学習の最大の特徴として、[vii] 山口県のコンクリート骨材事情を背景に、参加者がこれまで経験したことのなかった天然骨材を用いたコンクリートの配合設計・試し練りを体験し、これまでのコンクリート技術の変遷に関する興味がより深まる機会とする、ことを目指した。

### 5.3 アンケート調査

#### 5.3.1 アンケートの目的

グループ学習では、生コンの配合設計を行う際の熟達者(熟練技術者)と非熟達者(若手技術者)との知識の差異を明らかにすること、今回のグループ学習の実践方法の教育的効果を確認すること、今後の教育ニーズを調査すること、グループ学習が目指した事項の達成度を評価すること、および今後の教育のために個人別の記録を残すことを目的として、準備段階から実習終了までの期間中に、参加した生コン技術者16名全員を対象にアンケート調査を実施した。

#### 5.3.2 アンケート調査の被験者

アンケートの被験者は、山口県中央部の8工場より同組合技術委員会に各工場の技術者代表として1名ずつ参加している熟練技術者8名と、次世代の技術継承者の集まりとして組織された若手技術者会に各工場より1名ずつ参加している若手技術者8名の16名である。

グループ学習の参加者(以下、実習者と称す)の年齢構成は、20歳代1名(6%)、30歳代5名(31%)、40歳代7名(44%)、50歳以上3名(19%)である。また生コン技術者としての経験年数の構成は、5年未満が2名(13%)、5年以上10年未満が1

名（6%），10年以上20年未満が4名（44%），20年以上30年未満が6名（19%），30年以上40年未満が3名である。

自ら配合を決定した経験の有無について、事前のヒアリングで確認したところ、経験が「ある」と回答した者は10名（若手技術者4名，熟練技術者6名），「ない」と回答した者が6名（若手技術者4名，熟練技術者2名）であった。

### 5.3.3 アンケート調査の項目と方法

実習者全員には、アンケート調査表を実習前に配布した。アンケート調査表は、ワークシートと配合設計の得点評価（コンペ形式）の自らの得点記録も兼ねる内容とした。

アンケートには、実習者個人が作成したコンクリート配合とその設計過程の記述を求める設問、チームで決定した配合とその決定過程の記述を求める設問、試し練りの結果からチームで決定した修正配合の決定過程の記述を求める設問を設けた。

さらに、実習終了後の参加者の実習に対する感想や意見、今後の学習に向けての要望をモニタリングするための設問で構成した。アンケートは教育記録としても活用できることを目指した。

## 5.4 配合設計のグループ学習

### 5.4.1 学習の目的

グループ学習の目的は、「現在の骨材と資源枯渇等の事情により、山口県では使用する機会がなくなった天然骨材を使用し、さらに化学混和剤を使用しないコンクリートの配合設計と試し練りをチームで取組むことにより、実習者の配合設計の力量の向上を目指す」と定めた。

表-5.4.1に示すように、本実習で実習者に要求した配合設計に必要な力量を「施工性確保力」と「強度確保力」とした。そして実習における品質目標を、目標スランプに近く、プラスチックでワーカブルなコンクリートをつくること、および要求強度を満足した上で、目標強度との差異の小さいコンクリートを作製することとした。品質目標の達成度を監視・測定する指標を定めた。

表-5.4.1 必要な力量・品質目標と達成度の測定指標





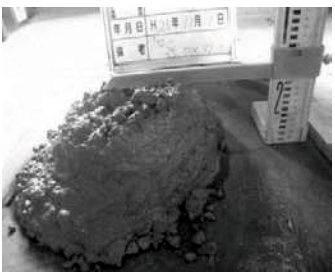

	力量	品質目標	測定指標
ステップ1	施工性 確保力	目標スランプに近くかつプラスチックでワーカブルなフレッシュコンクリートを目指す	スランプ値 スランプ フロー値 スランプの形状 F/S 値
ステップ2	強度 確保力	ステップ1に加え、要求強度を確保した上で目標強度により近い配合を目指す	圧縮強度 (28日)

「施工性」についてはスランプ値、スランプフロー値（コンクリートの水平方向の広がり）およびスランプの形状とし、単にスランプやスランプフロー値のみでなく、表-5.4.2に示すスランプ試験時の形状観察に注目した（吉兼，2006）。

ここで、スランプに対してスランプフローが著しく大きいものは材料分離傾向にあり、小さいものは粘性が高いと推測できる。この「スランプフロー (cm) / スランプ (cm)」（以下、F/S値）（全国生コンクリート工業組合連合会，2008；山崎・立松，1999）は、スランプ値が15～21cm程度の普通コンクリートでは1.7程度とすることにより、ワーカブルでプラスチックに優れることが経験的に知られていることから、F/S値を測定指標に加えた。「強度確保力」は材齢28日の圧縮強度において、目標強度を満足し、より近づけるためのコンクリート配合を推測できる力量とした。



表-5.4.2 スランプ形状の評価基準（全国生コンクリート工業組合連合会, 2008）

	側面写真	上面写真	評価基準
A 評価			良好
B 評価			ほぼ 良好
C 評価			再検討 が 必要

### 5.4.2 学習の流れ

グループ学習の流れを図-5.4.1 に示す。はじめに個人単位で配合設計を行い、次に各人が設計した配合案を持ち寄り、グループディスカッションを行い、各グループでそれぞれ一つの配合案（以下、チーム配合と称す）を定めた。その後、チーム配合によるコンクリートの試し練りを行った。

ステップ1では、その測定結果を確認し、グループごとに試し練り結果を踏まえて、より目標値に近い配合を再検討して、チーム修正配合を作成した。その配合を基にコンクリートの試し練りを行い、チーム配合およびチーム修正配合の中から、スランプ値が目標スランプ（17.5 cm）により近く、スランプ形状の評価に優れ、さらにF/S値が1.7により近いことを条件として、最適配合（以下、ベスト配合と称す）を決定した。

ステップ2では、チーム修正配合は作成せず、2チームが作成した配合の中からベスト配合を協議の上決定した。

各段階に個人とチームとの設計根拠の違い、チーム配合の試し練り結果の考察、チーム修正配合の設定根拠、チーム修正配合による試し練りの結果の考察を行った。さらにチーム配合およびチーム修正配合とベスト配合の結果の違いや、その差異がどのような理由で生じたのかを考察させ、アンケート調査表に記入させた。

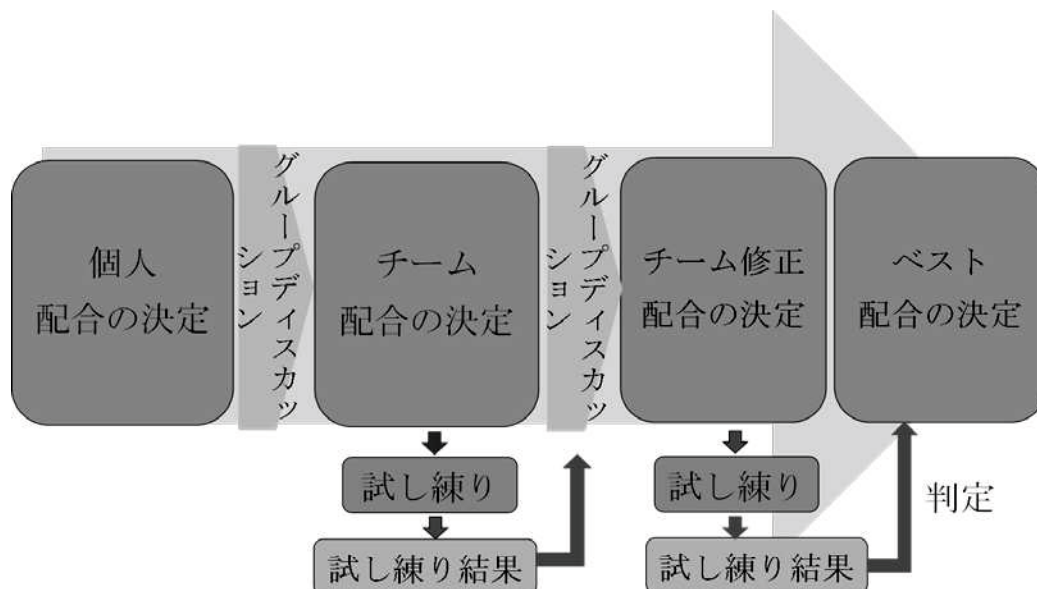


図-5.4.1 グループ学習の流れ

表-5.4.3 使用材料の条件と目標品質指標

	使用材料	目標品質指標
I タイプ	1) 砕石 2010, 1505, 砕砂(2種類) JIS A 5005 に適合するもの 2) 砕石および砕砂の混合は指定した割合から選択する. 3) 普通ポルトランドセメント ※密度 3.16(g/cm <sup>3</sup> ) 4) 混和剤(AE 剤・AE 減水剤)は使用しない 5) 水セメント比 (W/C) : 60% 6) 配合表に空気量は含まない	1) スランブ 17.5 cm 2) スランブ形状がよい 3) F/S 値 1.7
II タイプ	1) 川砂利 2515, 1505, 川砂 JIS A 5308 の附属書 A 表 A.3 に適合するもの 2) 川砂利 2515 と 1505 の使用割合は指定した割合から選択する 3) 普通ポルトランドセメント ※密度 3.16(g/cm <sup>3</sup> ) 4) 混和剤(AE 剤・AE 減水剤)は使用しない 5) 水セメント比 (W/C) : 60% 6) 配合表に空気量は含まない	1) スランブ 17.5cm 2) スランブ形状がよい 3) F/S 値 1.7

このグループ学習では、化学混和剤に依存したコンクリートの現状を実感するため、化学混和剤を用いないコンクリートの配合設計・試し練りを行った。またステップ 1、ステップ 2 ともに使用する骨材別に 2 種類のテーマを定めた (表-5.4.3)。

テーマ I では、骨材には砕石・砕砂 (山口県産) を使用した。これは現在一般的に用いられ概ね特性がわかる材料を使用するという条件下で、化学混和剤を用いないコンクリートの基本性質を学びながら、熟練技術者と若手技術者の配合設計の技術力差をみることを目的とした。

テーマ II では、京都府福知山由良川産の川砂利・川砂 (以下、天然骨材と称す) を使用した。これは山口県において、50 年ほど前につくられたコンクリートのフレッシュ性状がどのようなものであったかを知ること、どのように配合設計をしていたのかを経験をすることにより、過去を学び、現在のコンクリート技術がどのような経緯をたどってきたのかを窺い知る機会をつくることで、技術力の向上に繋げることを目指した。また実習者がこれまで経験したことのない材料を使ったコンクリートと、現在使用している砕石・砕砂を使用したコンクリートとの相違を実感し、その配合設計法を考えることを目指した。

テーマ I・II で使用した粗骨材を図-5.4.2 に例示する。



a) 使用する砕石（テーマ I）



b) 使用する川砂利（テーマ II）

図-5.4.2 使用する骨材

表-5.4.4 試し練り実施表

日程	実施者	指定項目	テーマ I	テーマ II	計	
			碎石+ 砕砂	川砂利 +川砂		
ステップ 1	1回目 若手技術者会 (2014.5.20)	チーム I-1 (4名)	W/C= 60%	1 バッチ	1 バッチ	2 バッチ
		チーム I-2 (4名)		1 バッチ	1 バッチ	2 バッチ
		チーム I-1・I-2 合同(8名)		1 バッチ	1 バッチ	2 バッチ
		計		3 バッチ	3 バッチ	6 バッチ
	2回目 技術委員会 (2014.5.27)	チーム I-3 (4名)	W/C= 60%	1 バッチ	1 バッチ	2 バッチ
		チーム I-4 (4名)		1 バッチ	1 バッチ	2 バッチ
		チーム I-3・I-4 合同(8名)		1 バッチ	1 バッチ	2 バッチ
		計		3 バッチ	3 バッチ	6 バッチ
ステップ 2	3回目 若手技術者会 技術委員会 (2014.8.22)	チーム 1 (8名) (チーム I-1・I-4 合同)	25 N/mm <sup>2</sup>	1 バッチ	1 バッチ	2 バッチ
			45 N/mm <sup>2</sup>	1 バッチ	1 バッチ	2 バッチ
		計	2 バッチ	2 バッチ	4 バッチ	
	4回目 若手技術者会 技術委員会 (2014.8.26)	チーム 2 (8名) (チーム I-2・I-3 合同)	25 N/mm <sup>2</sup>	1 バッチ	1 バッチ	2 バッチ
			45 N/mm <sup>2</sup>	1 バッチ	1 バッチ	2 バッチ
		計	2 バッチ	2 バッチ	4 バッチ	

### 5.4.3 学習の手順

グループ学習では、まず配合条件と目標とする品質指標を定め、個人別(16名)に配合設計案(アンケート形式)を作成させた。

表-5.4.4 に示すように、ステップ1では、参加者16名を4チームに分け、チーム対抗での配合設計コンペを行った。なおチーム構成は、若手技術者4名ずつの2チーム、熟練技術者4名ずつの2チーム、計4チームとした。ステップ1の品質目標は、“目標スランプに近く、かつプラスチックでワーカブルなフレッシュコンクリートを目指す”とした(表-5.4.1)。試し練りまでに、個々人が作成した配合設計案を基に、チーム毎に情報交換を行い、試し練りするチーム配合を決定した。該当チームは全員が集合し、

チーム配合をもとに、試し練りを実施した。砕石・砕砂使用（テーマⅠ）と川砂利・川砂による天然骨材使用（テーマⅡ）との2条件で行った。

ステップ1では、テーマⅠ・Ⅱの2条件で2チーム分、計4回の試し練りを行った。試し練りの結果を踏まえて、目標値をより満足することを目指して、熟練・若手技術者別の2チームに別れてチーム修正配合を決定し、第2回目の試し練りを計2回行った。

ステップ2では、チーム編成を若手技術者4名、熟練技術者4名の計8名の混成チームとし、合計2チームで実施した。ステップ2の品質目標は、ステップ1に加えて“要求強度を確保した上で、目標値に近い配合を目指すこと”として、技術委員会が、ステップ1の強度結果を参考に、目標圧縮強度（28日）を25 N/mm<sup>2</sup>および45 N/mm<sup>2</sup>の2つに決定し、ステップ1の測定指標に追加してステップ2に臨んだ。ステップ2では、テーマⅠ・Ⅱの2条件で目標強度を25 N/mm<sup>2</sup>および45 N/mm<sup>2</sup>として、計4回の試し練りを行った。なお表-5.4.4に示すように、ステップ1では2014年5月20日（1回目）、5月20日（2回目）に試し練りを実施し、ステップ2では2014年8月22日（1回目）、8月26日（2回目）に試し練りを実施した。実習の様子は今後の若手技術者のフォローアップ教育に利用できるように動画撮影・記録も行った。

### 5.4.4 配合設計条件

グループ学習の開始にあたっては、使用する材料の条件および目標品質指標を参加者に提示した（表-5.4.3）。また配合設計に必要な使用骨材の物性値もあわせて実習者に提示した。物性値は実習者が分担してそれぞれの所属工場にて自ら測定したものであり、表-5.4.5および表-5.4.6に示す骨材物性のデータを使用した。

### 5.4.5 試し練りの方法および測定項目

本グループ学習では、公称容量60lの強制2軸式ミキサを用いて、1バッチの練混ぜ量を40l、練り混ぜ時間を120秒として試し練りを実施した。具体的には、セメントと細骨材を投入して15秒練混ぜ、水を加えてさらに45秒練混ぜした。そして粗骨材を加えて60秒練混ぜした後、試し練りミキサ内で60秒間静置してから、コンクリートを排出し、各種試験を行った。なお、安定したフレッシュ性状を求めるため、毎回予め練り混ぜるコンクリートと同じ配合のコンクリート（20l）の捨て練りも行っている。なお測定項目（準拠した試験方法）は、スランプ（JIS A 1101）、スランプフロー（JIS A 1150）、空気量（JIS A 1128）、練り混ぜ直後のコンクリート温度（JIS A 1156）、圧縮強度（JIS A 1108）である。

表-5.4.5 使用骨材と物性値 (テーマ I)

種類	表乾密度 (g/cm <sup>3</sup> )	絶乾密度 (g/cm <sup>3</sup> )	吸水率 (%)	粗粒率 (FM)	粒形判定 実積率 (%)	実積率 (%)	微粒分量 (%)
碎石2010	2.69	2.68	0.43	7.11	-	58.6	0.6
碎石1505	2.69	2.68	0.44	6.36	-	~ 59.0	0.6
花崗岩砕 砂	2.56	2.52	1.46	2.56	55.6	-	3.4
石灰岩砕 砂	2.65	2.62	1.20	2.61	59.5	-	6.5

表-5.4.6 使用骨材と物性値 (テーマ II)

種類	表乾密度 (g/cm <sup>3</sup> )	絶乾密度 (g/cm <sup>3</sup> )	吸水率 (%)	粗粒率(FM)	実積率 (%)	微粒分 量 (%)	粘土塊 量 (%)
砂利2515	2.63	2.58	1.43	7.04	66.7	1.0	0.17
砂利1505	2.61	2.56	1.92	5.82	~ 67.1	1.0	0.17
川砂	2.61	2.57	1.51	2.90	-	1.0	0.17

#### 5.4.6 得点評価

グループ学習では、実習者が競い合いにより学習するため、作成した配合の試し練り結果をもとに得点評価(コンペ形式)を行った。得点評価では、表-5.4.7に示す本コンペで定めた評価点および計算方法を用いて、評価項目別の評価点の合計を個人別総合評価点として集計し、順位を競うこととした。

配合評価点(個人別評価点)Pは、個人別配合とベスト配合との差異が小さいほど高評価とした(表-5.4.8)。スランプ評価点S(所属チーム別評価点)は、全国生コンクリート工業組合連合会試験方法(ZKT-201)の添付図にあるスランプ形状に基づき、形状のよいものが高評価として、A・B・C評価を行った。F/S値の評価点F(所属チーム別評価点)は、測定フロー値を測定スランプ値で除した値とF/S値の目標値の1.7との差が少ない者を高評価とした。強度評価点K(所属チーム別評価点)は目標強度を満足し、かつその差異が小さいものを高評価とした。

表-5.4.7 本研究で定めた評価点および計算方法

スランブ評価点S (所属チーム別評価点)
スランブ評価点 $S = s \times (100 - e)$ $s$ : スランブ形状の評価指数 $s = 1.0$ (A評価) or $0.75$ (B評価) or $0.5$ (C評価) ※表-2参照 $e = 10 \times   \text{測定スランブ値(cm)} - \text{目標スランブ値(cm)}  $
F/S値評価点F (所属チーム別評価点)
F/S値評価点 $F = 100 \times   F/S \text{値} - 1.7  $
強度評価点K (所属チーム別評価点)
強度評価点 $K = k \times (100 - (F_c'_{28 \text{日強度}} - F_c'_{\text{目標強度}}))$ ここに, $F_c'_{28 \text{日強度}} - F_c'_{\text{目標強度}} < 0$ の場合 $k = 0$ $F_c'_{28 \text{日強度}} - F_c'_{\text{目標強度}} \geq 0$ の場合 $k = 1$
個人別総合評価点 $= \Sigma (P + S + F + K)$

表-5.4.8 配合評価点Pの採点例

単位量 (kg/m <sup>3</sup> )	水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G
ベスト配合 $M_B$	175	300	800	1000
個人別配合 $M_P$	160	290	750	1100
$M_B - M_P$ (誤差)	15	10	50	-100
誤差比の絶対値 $ M_B - M_P  / M_B \times 100$	8.57	3.33	6.25	10.00
配合評価点P $= -\Sigma \text{誤差比の絶対値}$ $= -\Sigma  M_B - M_P  / M_B \times 100$	-28			



### 5.5 グループ学習の結果

#### 5.5.1 個人別配合の決定過程

ワークシートを兼ねたアンケート調査表から個人別配合の決定過程を調査した。ステップ1では、使用骨材の物性値を参考に、先ず粗骨材および細骨材の混合割合を決定し、これを基に単位粗骨材かさ容積 ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ ) と単位水量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) を決定していた。

このうち粗骨材かさ容積の決定では、日本建築学会「コンクリートの調合設計指針・同解説」（日本建築学会，1999）の標準値から求めたものが7名（熟練技術者4名，若手技術者3名），自社の現在の配合表をもとに推定したものが5名（熟練技術者2名，若手技術者3名），その他の参考書をもとに設定したものが4名（熟練技術者2名，若手技術者2名）であった。単位水量は、熟練・若手技術者ともに自社の参考値に土木学会コンクリート標準示方書〔施工編〕（土木学会，2013）の単位水量の補正の目安から求めている。

テーマII（天然骨材使用）では、天然骨材の特性を考慮し、テーマI（砕石・砕砂使用）の単位粗骨材かさ容積の補正および単位水量の補正を行って配合を決定した者が9名（熟練技術者4名，若手技術者5名），日本建築学会「コンクリートの調合設計指針・同解説」の標準値から配合を求めたものが7名（熟練技術者3名，若手技術者4名）だった。

#### 5.5.2 個人別配合の結果の比較

実習者の個人別配合の単位粗骨材かさ容積の人数分布を図-5.5.1に示す。テーマI（砕石・砕砂使用）では、 $0.60 \text{ m}^3/\text{m}^3$ の5人を最頻値として $0.52 \sim 0.66 \text{ m}^3/\text{m}^3$ 間に分布している。テーマII（天然骨材使用）では、 $0.62 \text{ m}^3/\text{m}^3$ の7人を最頻値として $0.50 \sim 0.64 \text{ m}^3/\text{m}^3$ 間でテーマIよりも $0.02 \text{ m}^3/\text{m}^3$ 程度大きく分布している。試し練りの結果、決定したベスト配合では、テーマIでは $0.54 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ，テーマIIでは $0.56 \text{ m}^3/\text{m}^3$ と個人別配合と比較すると、それぞれ $0.06 \text{ m}^3/\text{m}^3$ 小さくなった。

実習者の個人別配合の単位水量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) を図-5.5.2に示す。テーマIでは、 $205 \text{ kg}/\text{m}^3$ の4人を最頻値として $175 \sim 230 \text{ kg}/\text{m}^3$ 間に分布している。テーマIIでは、 $195 \text{ kg}/\text{m}^3$ の5人を最頻値として $175 \sim 215 \text{ kg}/\text{m}^3$ 間で分布しており、テーマIよりも $10 \text{ kg}/\text{m}^3$ 程度小さい分布形状となった。またベスト配合では、テーマIでは $210 \text{ kg}/\text{m}^3$ ，テーマIIでは $200 \text{ kg}/\text{m}^3$ と個人別配合と比較すると $5 \text{ kg}/\text{m}^3$ 程度大きくなった。

また熟練・若手技術者別に比較した場合、配合の基礎となる単位粗骨材かさ容積、単位水量には熟練・若手技術者別に有意な差異は認められなかった。これは熟練・若手技術者ともに、個々人の経験・考え方に基づいて単位粗骨材かさ容積を増やそうとするものや、単位水量を増やしてペーストを大きくするものがあり、結果として両者に有意な差異がみられなかったものである。

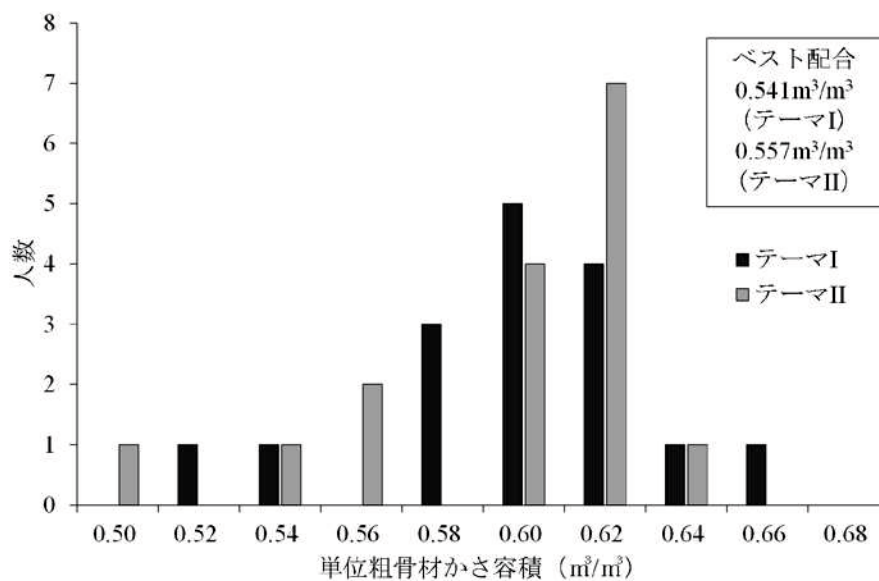


図-5.5.1 個人別配合の単位粗骨材かさ容積の分布

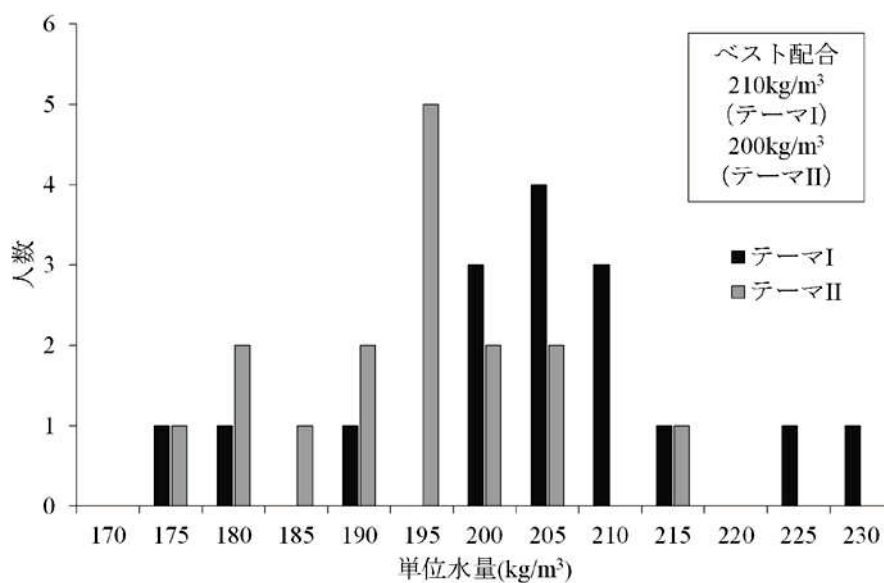


図-5.5.2 個人別配合の単位水量の分布

## 第5章 生コン工場における若手技術者の配合設計のグループ学習

次に使用材料の単位量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) の個人別配合の平均値とベスト配合との比較を図-5.5.3 および図-5.5.4 に示す。熟練・若手技術者別の単位量にはテーマ I (砕石・砕砂使用)，テーマ II (天然骨材使用) とともに有意な差異はみられなかった。誤差範囲もともに小さいものであった。また熟練・若手技術者ともに，テーマ II ではテーマ I より単位水量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )，単位セメント量および細骨材量が小さく，粗骨材量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) が大きいものであった。ベスト配合との比較では，熟練・若手技術者ともに単位水量，単位セメント量および細骨材量が小さく，モルタル分が少ない傾向がみられた。また，図-5.5.5 に示す得点評価の配合評価点 P の分布から，個々人の技量のばらつきの程度も窺えた。

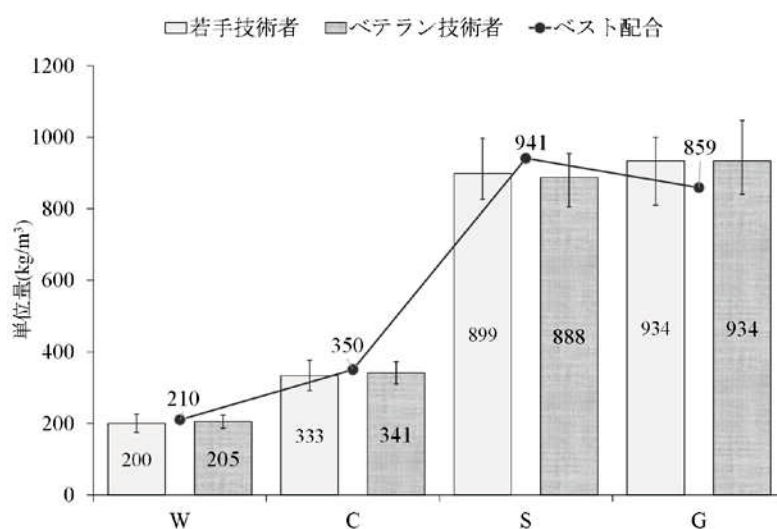


図-5.5.3 使用材料の単位量の平均値とデータ範囲 (テーマ I)

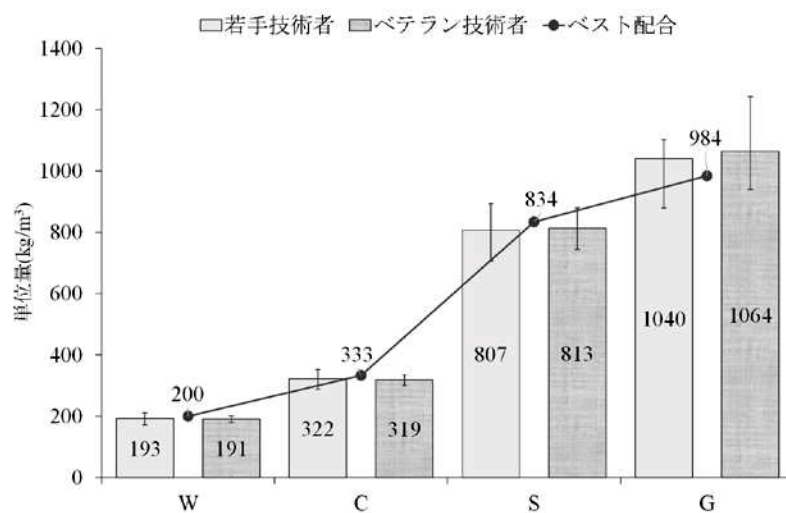


図-5.5.4 使用材料の単位量の平均値とデータ範囲 (テーマ II)

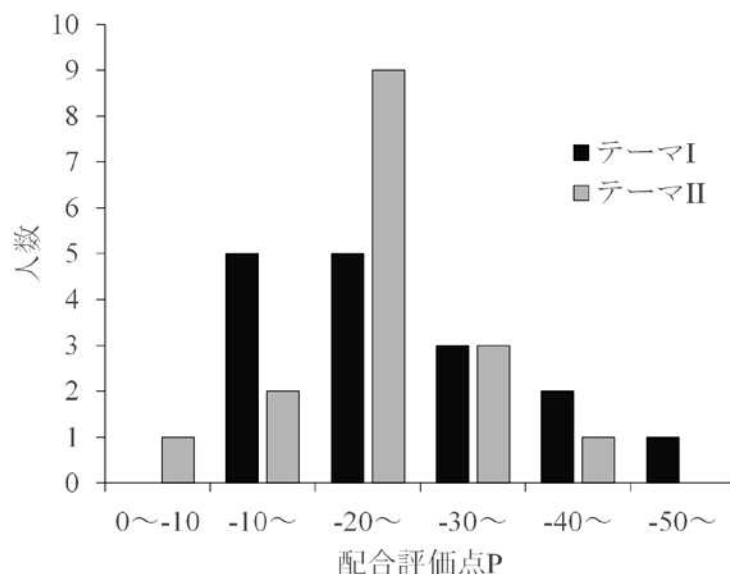


図-5.5.5 配合評価点 P の分布

### 5.5.3 チーム別配合の決定過程 (ステップ1)

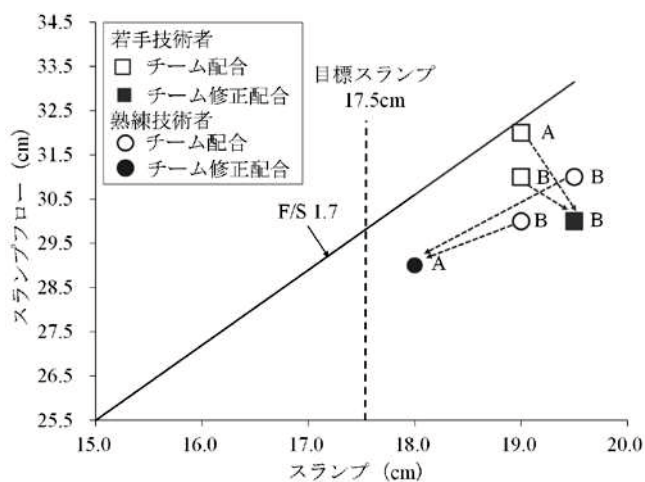
チームごとのディスカッションで決定されたチーム配合は、テーマI、テーマIIともに4チーム全部がメンバー4名の個人配合の平均値をもとに単位量を決定していた。

一方、試し練りの結果をもとに、配合を再検討した結果のチーム修正配合は、熟練・若手技術者ともに土木学会コンクリート標準示方書 [施工編] の配合修正表に基づき作成された。若手技術者2チームのディスカッションはこのレベルで意見が収束していた。

しかしながら熟練技術者の2チームは、チーム修正配合の検討においては、ここまでに留まらず、さらに特にスランプの形状を配慮し、単位粉体量の検討を加えていた。細骨材率や単位セメント量の補正、粗骨材過小粒および細骨材の5 mm~2.5 mm粒径の骨材の影響、細骨材の微粉量、空気量を考慮しないプレーンコンクリートとしての粘性不足について配慮していた。このような多面的な見方をしていたことにより、熟練技術者のグループディスカッションによる配合修正の結果は、若手技術者の結果から大きく異なった。このようにグループディスカッションの内容からは、若手技術者と熟練技術者との差異は、教科書的な知識のみならず、経験に裏打ちされた総合力にあることがあらためて確認された。

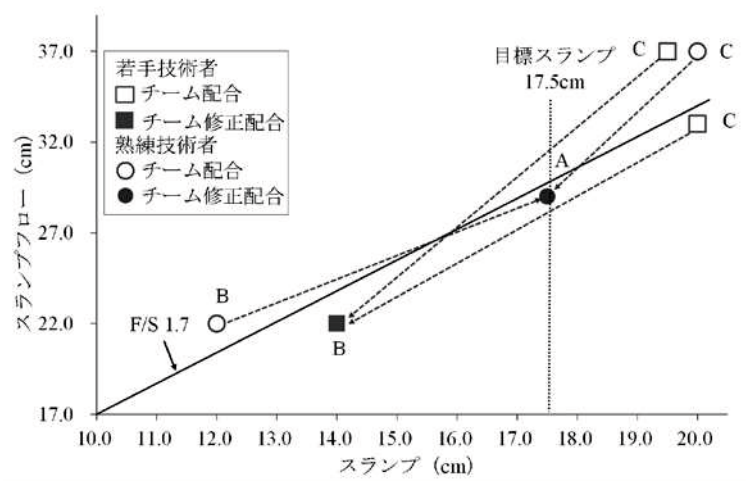
### 5.5.4 試し練りの結果 (ステップ1)

熟練・若手技術者別のチーム別配合の試し練り結果を図-5.5.6および図-5.5.7に示す。テーマIでは図-5.5.6に示すように、1回目の試し練りの結果、熟練・若手技術者ともに目標スランプの17.5 cmより1.5~2.0 cm大きくなった。スランプ形状は若手技術者の1チームでA評価がみられたが、熟練技術者は2チームともB評価だった。



※図中のA, B, Cはスランブ評価

図-5.5.6 試し練り結果 (テーマI)



※図中のA, B, Cはスランブ評価

図-5.5.7 試し練り結果 (テーマII)

チーム配合の試し練り後のディスカッションによって決定されたチーム修正配合により行われた2回目の試し練り結果では、熟練技術者がスランブ18.0 cm, F/S値1.6, スランブ形状評価Aとチーム配合に比べて目標品質指標に近づいたのに対し、若手技術者はスランブ19.5 cm, F/S値1.5, スランブ形状評価Bとなり、適切に目標品質指標に近づけることができなかった。

テーマIIでは図-5.5.7に示すように、チーム配合の試し練りの結果、熟練技術者はスランブが12.0 cm, 20.0 cmとばらつきが大きく、F/S値が1.8と1.8, スランブ20.0 cmのチームのスランブ形状評価はCでスランブ12.0 cmのチームはB評価だった。一方、若手技

術者はスランプがそれぞれ19.5 cm, 20.0 cmと目標スランプより2.0~2.5cm大きくなり、F/S値が1.7と1.9, スランプ形状評価はともにCであった。チーム修正配合により行われた試し練り結果では、熟練技術者がスランプ17.5 cm, F/S値1.7, スランプ形状評価Aと目標品質指標を達成したのに対し、若手技術者はスランプ14.0 cm, F/S値1.6, スランプ形状評価Bと1回目に比べて改善されず、目標品質指標とは大きく異なるものとなった。

### 5.5.5 チーム別配合の決定過程（ステップ2）

ステップ1の水セメント比（W/C）が60%であり、その試験結果（図-5.5.8）が、テーマI（砕石・砕砂）で36.1 N/mm<sup>2</sup>, テーマII（天然骨材）で34.6 N/mm<sup>2</sup>となったことを踏まえて、ステップ2の目標とする28日圧縮強度は、25 N/mm<sup>2</sup>および45 N/mm<sup>2</sup>とした。配合設計は熟練・若手技術者混成で2チームに分けて、各々のグループディスカッションで決定した。2チームの配合決定過程をみてみると、チーム1は以下のプロセスを軸に個人別配合との調整後、チーム配合を決定した。1) 圧縮強度試験結果の最小値および平均値を基に、「コンクリートの調合設計指針・同解説」（日本建築学会，1999）に示される“セメント種類の水セメント比算定式（JASS5）”を参考にして、目標強度25N/mm<sup>2</sup>および45N/mm<sup>2</sup>となるように、それぞれの水セメント比（W/C）を求めた。2) ステップ1のベスト配合およびチーム配合の単位水量Wと試し練り結果のスランプやスランプ形状とを勘案して、単位水量を求めた。3) ステップ1のベスト配合およびチーム配合の細骨材率（s/a）と粗骨材かさ容積（m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>）と試し練り結果のスランプやスランプ形状とを勘案して、細骨材率（s/a）と粗骨材かさ容積を求めた。特にテーマII（天然骨材）での目標強度25 N/mm<sup>2</sup>においては、水セメント比と単位水量から決定される単位セメント量が小さくなるため、粉体量の確保のための調整として、単位水量、セメント量および細骨材量の調整を行った。

チーム2は、個人別に作成した配合間の調整を軸とし、それにステップ1の結果を勘案して決定していた。個人別配合の決定根拠は、各メンバーの所属工場の配合表の目標強度25 N/mm<sup>2</sup>および45 N/mm<sup>2</sup>で目標スランプ17.5 cmの配合を参考としていた。使用骨材によってコンクリートの分離抵抗性が異なることによる粉体量の調整、ステップ1におけるブリーディングの状況、プレーンコンクリートで空気量がAEコンクリートよりも3%前後小さいことの圧縮強度への影響等が考慮されていた。

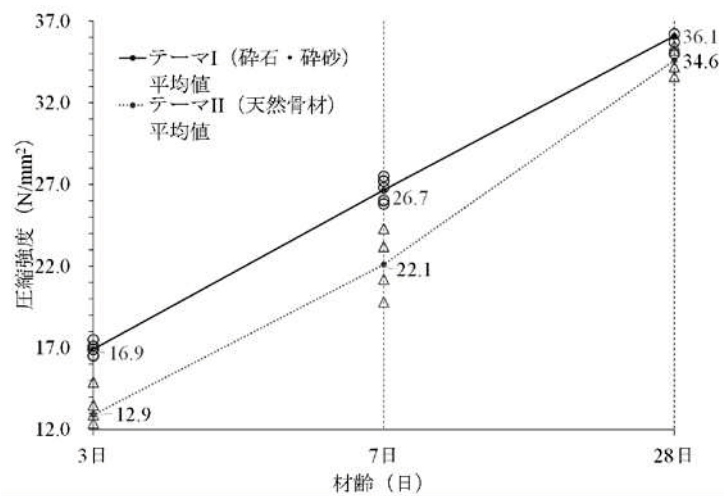
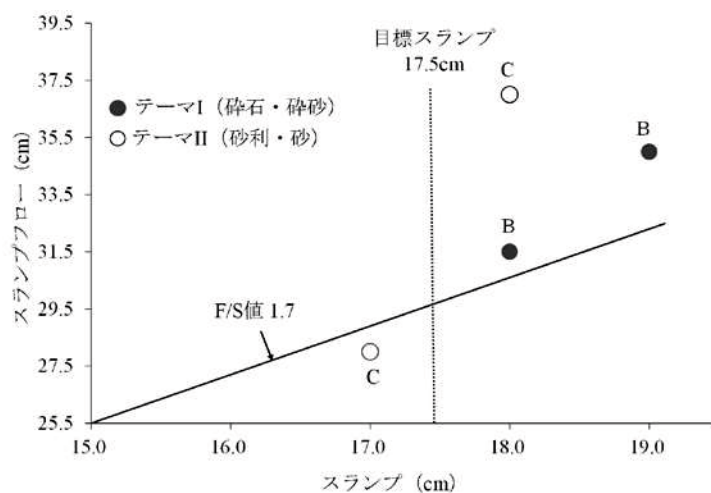


図-5.5.8 圧縮強度の経時変化 (W/C=60%)

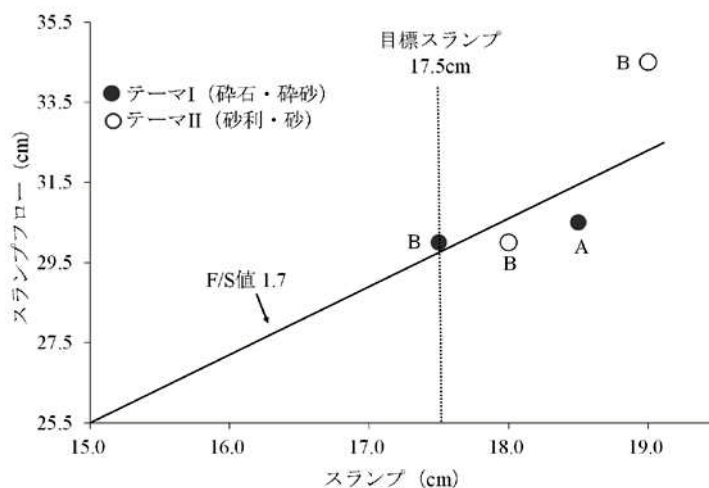
5.5.6 試し練りの結果 (ステップ2)

チーム配合の試し練り結果を図-5.5.9 および図-5.5.10 に示す。テーマI (碎石・砕砂) では、熟練・若手技術者混成の2チームとも品質目標値にステップ1の結果よりも近づけることができた。45 N/mm<sup>2</sup>ではチーム1は目標スランプの結果となった。またチーム2はスランプ形状がA評価となった。一方、テーマII (天然骨材) では、目標に近づけることができなかった。スランプ値は17.0~19.0 cmとテーマIよりもややばらつきがあり、スランプ形状は45 N/mm<sup>2</sup>で両チームともB評価、25 N/mm<sup>2</sup>ではC評価であり、両チームともによい結果とならなかった。



※図中のA, B, Cはスランプ評価

図-5.5.9 試し練り結果 (25N/mm<sup>2</sup>)



※図中のA, B, Cはスランプ評価

図-5.5.10 試し練り結果 (45N/mm<sup>2</sup>)



### 5.5.7 圧縮強度試験の結果

ステップ2における28日圧縮強度の結果を表-5.5.1に示す。テーマI（砕石・砕砂）では、2チームとも目標である25 N/mm<sup>2</sup>を1.5 N/mm<sup>2</sup>以内の誤差で達成することができた。これに対しテーマII（天然骨材）では、両チームともに目標強度25 N/mm<sup>2</sup>の配合のコンクリートは目標強度を下回り、チーム1では目標強度45 N/mm<sup>2</sup>のコンクリートで目標値を下回った。

### 5.5.8 実習結果の評価

ステップ1の結果からは、必要とされる力量の「施工性確保力」は、全体的に熟練技術者が若手技術者より上回っていたが、個人別配合の決定過程やその結果比較からは、熟練・若手技術者間の差異はみられなかった。一方、試し練りの結果を受けて配合を修正する能力には顕著な差異がみられた。熟練技術者がテーマI（砕石・砕砂）、テーマII（天然骨材）ともに1回目よりも2回目の結果が目標スランプ、F/S値、スランプ形状ともに向上したのに対し、若手技術者は熟練技術者よりも目標品質に近づけることができなかった。このことから、若手技術者には試し練り結果を踏まえて、配合修正の力量の向上（の教育）が必要であることがわかった。

ステップ2の結果からは、テーマI（砕石・砕砂）では、熟練・若手技術者混成の2チームとも「施工性確保力」があったものと判断できた。しかしテーマII（天然骨材）では、ステップ1での経験を活かせず、目標品質指標を達成することができなかった。特に25 N/mm<sup>2</sup>の試し練りでは、スランプ形状で両チームともC評価（再試験が必要）であり、その原因分析と修正配合の検討を行う必要がある。28日圧縮強度の結果でも同様に、テーマIでは、2チームとも「強度確保力」があったと判断できる結果だったが、テーマIIでは熟練技術者においても目標を達成できなかった。

表-5.5.1 28日圧縮強度の結果

目標強度		25N/mm <sup>2</sup>	45N/mm <sup>2</sup>
テーマI	チーム1	25.0	45.0
	チーム2	26.5	45.6
テーマII	チーム1	22.0	41.1
	チーム2	23.8	47.0

### 5.6 アンケート調査の検討結果

グループ学習の実習終了後、その実践方法の教育的効果を確認するために、参加者全員にアンケート調査を実施した。実習に対する感想や意見、今後の学習にむけての要望および満足度に関して、[設問 1]～[設問 9]のアンケート調査を行った。その中の自由回答の中から、代表的な回答例（原文）を表-5.6.1にまとめて示した。

[設問 1]の天然骨材を扱ってみた感想では、個人の勉強で得られた知識と実際との違いを実感することができたことや、碎石・砕砂使用のコンクリートとの違いを実感できたこと、初めて使用する骨材の品質特性の重要性を認識できたことを述べている。

[設問 2]の AE 減水剤を使用しないコンクリートを設計した感想からは、AE 減水剤のコンクリート品質への影響の大きさとその役割の大切さを実感したと回答している。[設問 1]の回答と同様に、普段と異なる材料条件の中で、配合を組み立てていくことを実体験し、学習できたことがよい経験となったことが窺える。

[設問 3]の今回の得点評価（コンペ形式）、品質目標の設定や試し練り条件の設定方法については、得点評価によって、実習者が興味や意欲を持つ効果があったことが確認できた。一方、その評価方法については、熟練技術者からはさらに検討が必要であるとの意見や、品質目標の設定方法についても工夫する必要があるとの意見があった。

[設問 4]のチーム単位の学習については、チーム単位での学習により、競い合いや協力を通じた学習ができたという肯定的な感想があった。しかし自ら設計した個人配合を実際に試し練りすることができず、残念だったと思う感想や、ステップ 1 でもステップ 2 と同様に若手技術者と熟練技術者の混成チームで行った方がよかったとの感想もあった。若手技術者には、熟練技術者と自分との力量の相違を実感できる機会となったが、若手技術者は、もっと熟練技術者と一緒に考える時間を望んでおり、今後の展開においては改善する必要があると思われる。

[設問 5]の熟練技術者と学習した若手技術者の感想からは、熟練技術者が、配合計算が手馴れており、試し練りも段取りがよく、配合修正作業も迅速で、熟練技術者同士で集まって何かを決定する際の迅速性とチームワークの良さに注目していた。また熟練技術者から学びたい内容として文献以外の配合修正方法、骨材比率の決定方法を挙げている。

[設問 6]の若手技術者と学習した熟練技術者の感想からは、配合設計のノウハウとあわせて仲間づくりの大切さや学習方法を教えたいという感想があった。

[設問 7]のグループ学習でよかったことについての回答の多くは、昔のコンクリートに使用されていた天然骨材を扱えたこと、それを自ら配合設計・試し練りできたことがあげられ、特に若手技術者に顕著だった。熟練技術者では AE 減水剤を使用しないコンクリートを経験したことが最も多かった。グループ学習を経験したこともよかったこととして挙げられていた。

[設問 8]と[設問 9]からは、今後の学習のためのニーズを掴む上で参考となるテーマが挙げられた。

表-5.6.1 アンケートの回答例

	設問内容	回 答 例 (原文)
[1]	天然骨材を扱ってみた感想	<ul style="list-style-type: none"> <li>・天然骨材を用いた配合が、どれほど単位水量を減らすことが出来るか、どれだけフレッシュ性状に影響するかを体験できた。圧縮強度が碎石・砕砂より小さくなることも実感できた。</li> <li>・使用すれば良いコンクリートができると思い込んでいたが、粒形はよくても、練ってみるとあまりよい状態ではなかった。</li> <li>・初めて使う骨材の品質特性の重要さと実感できた。</li> <li>・スランプ形状を重視しすぎて天然骨材のよい部分を感じられなかった。</li> <li>・あそこまで分離するとは思ってもみなかった。</li> <li>・ブリーディングが多かった。</li> <li>・昔の配合で試し練りをしてみたかった。・配合修正が難しかった。</li> </ul>
[2]	AE 減水剤を使用しないコンクリートを扱ってみた感想	<ul style="list-style-type: none"> <li>・骨材の特性変化に対応して、多種多様な混和剤が開発され今日あることを改めて実感した。</li> <li>・空気量がどれだけワーカビリティに影響するかを痛感させられた。</li> <li>・現在のコンクリートは混和剤に頼る部分が多いことを実感した。</li> <li>・練上がり後のブリーディングを見て混和剤の力の大きさを知った。</li> </ul>
[3]	今回の得点評価（コンペ形式）、品質目標の設定や試し練り条件の設定方法についての感想	<ul style="list-style-type: none"> <li>・競い合い、協力する等いろいろ考えることがあり勉強になりよかった。</li> <li>・配合が点数で評価されることで学習に面白味がでて、より深く配合設計に取組めた。</li> <li>・評価に縛られるので大胆に配合設計に取り組むことが出来なかった。</li> <li>・配合設計での制約条件をもう少し工夫（最適細骨材率、単位水量、目標スランプ）すればさらに効果的だったと思う。</li> </ul>
[4]	チーム単位での学習の感想	<ul style="list-style-type: none"> <li>・チームの配合を一度しか決められないために、全員が検討しても、自分の配合やチームの配合は修正できない。</li> <li>・グループ学習という意味では、リーダーシップを執る人間の必要性を感じた。</li> <li>・個人別の得点評価をするのに個人別配合の試し練りができなくて残念だった。</li> </ul>
[5]	熟練技術者と学習した感想（若手技術者のみ）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・熟練技術者は配合計算が手慣れており、段取りもよく試し練りがスムーズである。</li> <li>・配合修正の速さ、過去の経験からの知見、集まって何かを決定する際の速さを感じた。</li> <li>・文献以外の配合修正方法、骨材比率の決定方法をもっと学習したかった。</li> <li>・配合の変遷など、現在の配合設計思想に至る経緯を教えてください。</li> </ul>
[6]	若手技術者と学習した感想（熟練技術者のみ）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンペ方式だったのであまり話し合っただけではいけないと思い、配合を決定、補正する際に、参考とする文献を教える程度だった。</li> <li>・細骨材と粗骨材の比率や砕砂と石灰砂または別の砂での比率等をもっと教えたかった。</li> <li>・若手技術者メンバーと経験年数・年齢的にも同世代だったため教えることがなかった。</li> <li>・若手技術者には会社の垣根を越えた人脈を構築して欲しい。</li> <li>・何事も基本が大切であることを認識し、仲間で共有化しその知識の幅を広げて欲しい。</li> </ul>
[7]	今回のグループ学習でよかったこと。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・自分で配合を設計しなかったのがよかったので、すべて自分にとってプラスになった。</li> <li>・配合を決定するにあたり、JASS や土木学会の資料を読むことができ、勉強になった。</li> </ul>

## 第5章 生コン工場における若手技術者の配合設計のグループ学習

		<ul style="list-style-type: none"> <li>・実際に自分で生コンをイメージしながら配合を考えることで、配合設計の作業についての感覚と実際とのギャップを感じることができた。</li> </ul>
[8]	生コン技術でもっと勉強してみたいこと	<ul style="list-style-type: none"> <li>・日常業務では経験の少ない特殊コンクリートについて、実際に配合設計から試し練りを行い、性状・形状などを経験として学びたい。</li> <li>・高強度コンクリートの配合設計・試し練り、品質試験を行ってみたい。</li> <li>・同一材料を使用した場合の、配合設計の違いによる耐久性への影響。</li> <li>・クレーム事例とその対応、その対応が最良であったかどうかの検討。</li> </ul>
[9]	グループ学習で、今後やってみたい課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>・文献から配合設計や修正方法を参考にしたが、想定した結果が得られなかった。これらの修正方法が適切なのかを検証してみたい。</li> <li>・試し練りだけではなく、施工性も考えた学習をしてみたい。</li> <li>・苦情処理、不適合の予防処置を、事例発表をもとに勉強会をしたい。</li> <li>・粗悪な骨材で所要の品質を満足し施工性、耐久性もあるコンクリートを作りたい。</li> <li>・天然骨材で目標スランプ 8 cm の土木向けコンクリートに挑戦したい。</li> </ul>

アンケート調査の最後では、本研究のグループ学習が目指した事項を満足できたかを判断するため、本研究で掲げた教育目標[i]～[vii]に関して、実習者の達成度を調査した。

各事項に対して実習者が 0 点から 3 点の間（不十分=0 点，やや不十分=1 点，十分=2 点，満足=3 点）で達成度のアンケート調査を行い、若手技術者 8 名，熟練技術者 8 名および全体の各平均点を求めた（表-5.6.2）。その結果，全体として若手技術者の満足度が熟練技術者よりも高い結果となった。項目別には，平均点が 2 点以上を満足評価，2 点未満を不十分評価とした場合，実習者全体では[i]，[ii]および[vii]は満足評価となったが，[iii]～[vi]は 2 点を下回り，不十分の評価となった。

これらの評価結果から考察すると，これらの評価結果から考察すると，満足評価だった[i]からは，今回の学習の“個人配合の決定”が，“日常の勉強”の成果を実際に自分で考え，自分を試す場（SECI モデルの「内面化」に相当）となったと考えられる。また[ii]からは，“チーム配合と修正配合の決定”で，チームと一緒に配合を決定し，試し練りを行い，その測定結果を確認し，そして試し練り結果を振り返り，ディスカッションを行った結果，自らの不足点や他者のよい点を認め，広範な経験・知識を体得する場（SECI モデルの「共有化」および「表出化」に相当）が行われたことが窺える。[vii]からは，天然骨材を使った今回の学習から得られた経験と知識が“日常の勉強”にフィードバックされ，実習者の後の技術力の向上と今後の学習意欲の向上に繋がったものと考えられる。

一方，実習者全体の平均評価点が 1.8 であった[iii]からは，このグループ学習では，特にステップ 1 において，熟練技術者 2 チームと若手技術者 2 チームとの実習を異なる日程としたため，若手技術者チームと熟練技術者チームが同時に競い合う機会がなかった。そのため若手技術者が熟練技術者の知識と比較し，その違いと自らの不足点として実感する機会（SECI モデルの「共同化」および「表出化」に相当）が不足していたものと考えられる。今後は若手技術者が熟練技術者と同時に競い合う中で，熟練技術者の

持つ知識を学ぶことができるような場に改善していく必要がある。

また、集合教育では、実習状況を収録した動画記録を活用し、若手技術者に熟練技術者のディスカッションや試し練りの様子を示して、教育する機会をつくった。特に今回明らかになった骨材事情の変化による骨材の調整や、配合変更の経験がある熟練技術者と経験のない若手技術者の間の力量差を埋めるために、若手技術者に熟練技術者の配合修正の様子を示して、学ばせることは効果的であると考ええる。

平均評価点が 1.6 であった[iv]については、若手・熟練技術者ともに満足の評価ではなく、特に熟練技術者は、「不十分」および「やや不十分」を挙げた人数が 8 名中 5 名で、項目中で最も多かった。今回のグループ学習全体として個人の発表の場および意見交換の場（SECI モデルの「表出化」に相当）が不足していたことが窺える。特に個人で作成した個別配合の試し練りが時間的制約のため、実習ではできなかったことや個人の発表の場が少なかったことがその要因として考えられ、反省点として挙げられる。平均評価点が 2 を下回った[v]・[vi]については、若手技術者と熟練技術者で評価が分かれた。熟練技術者の自由回答のアンケートには、前述の通り、今回の得点評価（コンペ形式）の評価方法や採点方法に対する要望がみられた。これらの要望を踏まえ、今後方法を改善していく必要がある。

さらに[vi]からは、若手技術者よりも経験・知識が豊富な熟練技術者にとっては、今回の実習の結果から設計と実測値の相違を詳細に考察するレベルまで、グループ学習が進捗していないことに対して、熟練技術者のみ「不十分」との評価になったものと考えられる。このことから[iv]と同様に、グループ学習結果の考察（SECI モデルの「表出化」に相当）をさらに深めて、継続的な教育を実施する必要があるものと思われる。

表-5.6.2 実習者の評価

評価する事項	評価点（平均点）		
	若手技術者	熟練技術者	全体
[i] 参加者がこれまで体得してきた配合設計への理解度をセルフチェックする機会とする.	2.3	2.0	2.1
[ii] 参加者と同じような立場にある技術者の異なる見解を学ぶことにより、自らの不足点や他者のよい点を認め、広範な経験・知識を体得する機会をつくる.	2.1	2.0	2.1
[iii] 若手技術者は熟練技術者の知識と比較し、その違いと自らの不足点を体得する機会とする.	1.9	1.8	1.8
[iv] 全体を通して、自らの考え方を他の技術者に伝える能力を培う機会とする.	1.8	1.4	1.6
[v] 得点評価(コンペ形式)をとることにより、グループで競い合いながら学習できる内容とする.	2.0	1.4	1.7
[vi] 設計と実測値とがいかにか違ってくるかの認識を持ち、その違いがなぜ生じるのかを考える機会をつくる.	2.1	1.4	1.8
[vii] 山口県のコンクリート骨材事情を背景に、参加者がこれまで経験したことのなかった天然骨材を用いたコンクリートの配合設計・試し練りを体験し、これまでのコンクリート技術の変遷に関する興味がより深まる機会とする.	2.4	2.0	2.2

### 5.7 集合教育

グループ学習の終了後、参加した若手技術者全員を対象に、県内で指導的立場にある山口県生コンクリート工業組合の技術委員会の熟練技術者4名の参加と指導による集合教育を行った(図-5.7.1)。ここでは、配合設計の知識において若手技術者に不足しているものを、表-5.7.1に示す試し練りの結果と、表-5.7.2に示す若手技術者の配合修正の特徴を示しながら、今回のグループ学習を一緒に振り返り、自分の経験談や配合設計のノウハウ、そして考え方を交えて熟練技術者全員が発表した。

また実習状況を収録した動画記録を活用し、若手技術者に熟練技術者のディスカッションや試し練りの様子を学ばせた。特に今回明らかになった骨材事情の変化による骨材の調整や、配合変更の経験がある熟練技術者と経験のない若手技術者の間の力量差を埋めるために、若手技術者に熟練技術者の配合修正の様子を示しながら教育した。

この中では単位粗骨材かさ容積、実積率、粒形判定実積率、骨材の粒度分布、単位水量の決定の際の考え方、配合設計の基本的な考え方等が示された。そして若手技術者と熟練技術者のフリーディスカッションを行い、若手技術者の今後の学習のきっかけをつくるための機会とした。後日、新たな品質目標を定め、フォローアップ教育として、若手技術者が配合設計を行い、熟練技術者の指導する中、個人別に設計した全員の配合の試し練りを行った。試し練りでは、集合教育での指導内容を踏まえて、熟練技術者による指導が行われた。



図-5.7.1 集合教育の様子



## 第5章 生コン工場における若手技術者の配合設計のグループ学習

表-5.7.1 グループ学習の試し練り結果（テーマII/砂利・砂）

所属	若手技術者会			技術委員会		
	I-1	I-2	I-1・I-2合同	I-3	I-4	I-3・I-4合同
チーム	I-1	I-2	I-1・I-2合同	I-3	I-4	I-3・I-4合同
W (kg/m <sup>3</sup> )	202	200	190	190	195	200
C (kg/m <sup>3</sup> )	337	333	317	317	325	333
s/a (%)	45.0	39.9	49.0	44.7	42.8	46.0
かさ容積 (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	0.568	0.620	0.538	0.583	0.597	0.557
スランプ (cm)	20.0	19.5	14.0	12.0	20.0	17.5
F/S比	1.7	1.9	1.6	1.8	崩れ	1.7
スランプ 形状	C	C	B	B	C	A

表-5.7.2 若手技術者の配合修正の特徴

1. スランプを数値としてしか捉えていない。
2. スランプ形状からの総合的判断がなされたかどうかの確認ができない。
3. 細骨材率 (s/a) と単位水量の修正のみとしか捉えていない。その一点かでしか修正を見ていない。
4. 捉え方が教科書的。経験に基づく考察がない。
5. 決定根拠に粉体量、粗骨材の粒度、5～2.5mmの割合、粒形、砂利の使用割合、砂の微粒分量を総合的に考察した記述が見当たらない。

集合教育の終了後、今回のグループ学習の締めくくりとして、学習効果の確認と今後の計画の参考とするために、参加した若手技術者8名全員に自由回答によるアンケート調査を実施した。アンケート調査の設問と回答例を表-5.7.3に示す。

表-5.7.3 最終アンケートの回答例

設問と回答（原文の抜粋）	
[1]	<p>今回の配合設計の学習によってわかるようになったこと、できるようになったことを、具体的に教えてください。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・配合設計のための試し練りにおいて、効率の良い試験方法。</li> <li>・書籍から配合設計をするだけだったが、練り上がりの状態を想像しながら設計を試みることが出来るようになったこと。感覚的にも配合を設計する重要さを知ることができたこと。</li> <li>・良いコンクリートを作るためには、知識だけではなく経験や感覚が必要であること。</li> <li>・いろいろな配合の試し練りを繰り返し行い、性状の確認をすることの大切さ。</li> <li>・配合設計における最適な粗骨材かさ容積の重要性を実感できた。</li> <li>・配合設計の手順（最初に適切と思われるかさ容積、単位水量を求め、その後、粗骨材、細骨材の比率を変更、さらに修正という順序）</li> <li>・骨材の状態によって試し練りの結果が全く違うこと。</li> </ul>
[2]	<p>学習を通して、あなた自身が身につけたと感じたことを教えてください。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・フレッシュ性状の評価に際し、新しい視点（評価基準）を身につけられた。</li> <li>・配合設計・修正の手順と考え方</li> <li>・本に記載されている知識や自社工場の配合をもとに配合設計しても、ある程度のコンクリートを作れると感じたこと。しかし目標スランプに合わせるのは困難だった。</li> <li>・最適な骨材割合の決定を常に意識すること。</li> <li>・試し練り結果の生コン状況から判断し、粉体量、かさ容積の調整ができるようになった。</li> <li>・細骨材の比率により、スランプ形状が大きく変わり、石灰砕砂を多く使えばよい生コンができていたが、必ずしもそうではないということ。</li> </ul>
[3]	<p>[2]の結果につながったことは何だったのか（例：熟練技術者のアドバイス、試し練りでの出来事など）を教えてください。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・試し練りのフレッシュ性状試験における熟練技術者のアドバイス</li> <li>・配合の手順や骨材の混合率についてのアドバイス</li> <li>・熟練技術者と若手技術者の試し練りの結果の差</li> <li>・フレッシュ性状が過敏にあまり変化しない配合より「鈍感な」配合がよいというアドバイス</li> <li>・最適な細骨材、粗骨材比率は試し練りによって決めるというアドバイス</li> <li>・かさ容積、単位水量の決定後に細骨材の比率を変更すればある程度は状態の良し悪しが解かるというアドバイス</li> </ul>
[4]	<p>今回の学習を通して、わからなかったことや出来なかったことを教えてください。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・練り上り直後のみでなく、スランプロスや施工性を考慮した理想とするフレッシュ性状</li> <li>・想定外の試し練り結果が出た場合の対処方法</li> <li>・かさ容積や単位水量を決定し、細骨材率を段階的に変化させてもスランプ値が合わない場合の対処方法</li> <li>・試し練りを一度や二度行っても理解するには難しく、多くの経験が必要</li> <li>・フレッシュ性状を観てからの配合修正</li> </ul>
[5]	<p>今回の学習を踏まえて、今後どうしたらよいか、改善したらよいかを教えてください。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・試し練りは、熟練技術者に一緒に立ち会ってもらい、同じ状態を見てアドバイスが欲しい。</li> <li>・試験誤差の対策をどう講じるか。骨材の表面水率の変化などの対策が必要。</li> <li>・この様に学習する機会を、今後も続けていってほしい。交流の場が今後も欲しい。</li> </ul>
[6]	<p>配合設計の学習で、今後やってみたいことがあれば教えてください。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原材料によるスランプロスの違いや、エントラップトエアの入りやすい材料の判断・比率などを知りたい。</li> </ul>

## 第5章 生コン工場における若手技術者の配合設計のグループ学習

- ・他工場の骨材でコンクリートの試し練りをして骨材によるコンクリートの違いを知りたい。
- ・特殊セメントを使用して試し練りをしてみたい。 ・他工場の生コンを見たい。
- ・高流動・中流動・高強度コンクリートの学習をしてみたい。
- ・普段使用することのない特殊な配合設計を一から考えて、設計、試し練りをしてみたい。
- ・さらに基礎となる配合設計について学習したい。
- ・技術的なクレームの対処方法について学びたい。

[7]今後の協同組合での教育活動に望むことがあれば、自由に回答ください。

- ・時間を合わせて集合するのが困難であり、各社へより一層の学習への協力をお願いしたい。
- ・熟練技術者の考え方を聞ける場が、今後もあればよいと思う。
- ・今後も（今回のような）普段の就業中にはできない活動をしたい。
- ・今回の参加者以外のさらに若い世代にも同様の学習の場を利用できるようにしてほしい。
- ・今後も今回のようないろいろな人間と一緒に学び合える場所を作ってほしい。

アンケート結果から考察すると、[1]からは、配合設計には、教科書的な知識だけではなく経験や感覚が必要であること、試し練りを繰り返し行うことの大切さを回答している。これらからグループ学習による教育の目的である、配合設計における「暗黙知」とその重要性の理解が、今回の経験を通して行われたことが窺えた。[2]からは、“試し練り結果の生コン状況から判断できるようになった”と自信につながったという感想もあり、特に[3]により、熟練技術者からのアドバイスが有効であったことが窺えた。一方、[4]からはまだ経験不足なことからの自信不足も窺えた。[5]には、熟練技術者が若手技術者の試し練りに一緒に立ち会う中でのアドバイスができなかったことが挙げられており、集合教育後のフォローアップ教育で行ったものの、今後はその機会を増やす必要があると考える。[6]からは、若手技術者が、特殊なコンクリートに触れる機会が少ない状況にあり、多様な配合設計を経験する機会を望んでいることがわかった。[7]からは、現実には、要員不足により社外教育に参加することの困難さがあるものの、その機会を今後さらに望んでいることが窺えた。

5.8 まとめ

本研究では、生コン技術のうち、一般的な工業製品にみられない特殊性をもつ“配合設計”の効果的な教育方法の策定・実施および検証を目的として、山口県中部地区の全生コン工場におけるグループ学習による配合設計の実践教育を実施した。実習終了後の最終アンケートからは、配合設計のための「暗黙知」とその重要性の理解が、今回の実践教育の経験を通して行われたことが確認された。今回の配合設計の実践教育の概念図を示すと図-5.8.1の通りとなる。

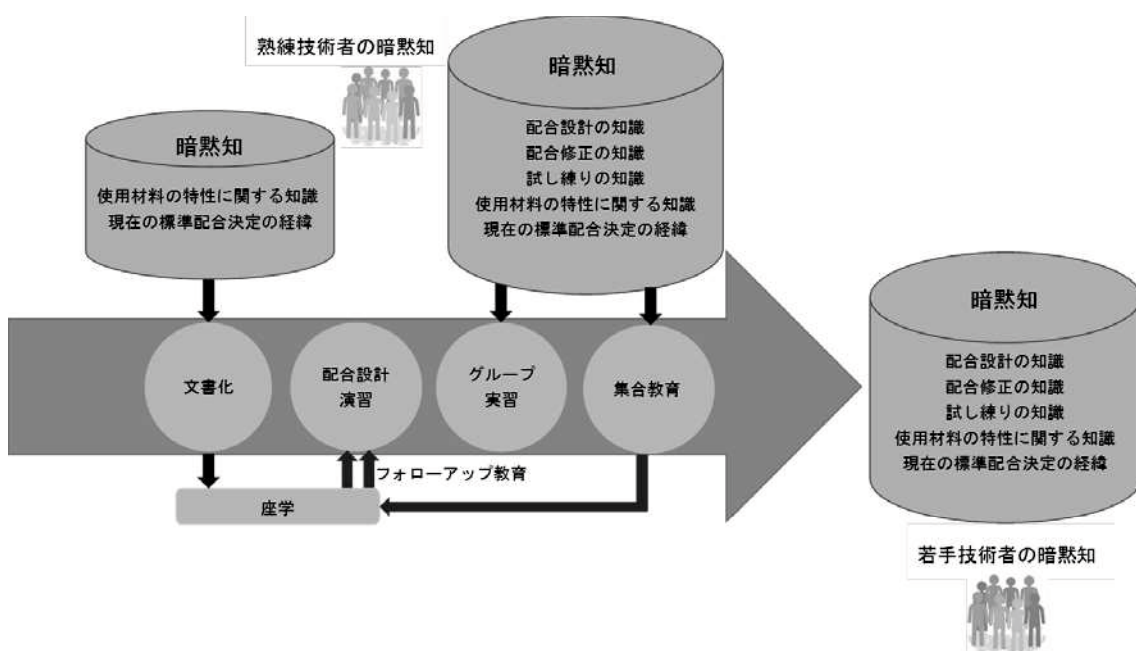


図-5.8.1 配合設計の実践的教育の概念図

今回の教育では、個人の知識をもとに参加者自身で配合を考え、チームや熟練・若手技術者間でのディスカッションや試し練りの場に参加し、そこで得られた知識と経験を共有する場を設けた。そして各自の発表を通して学び合い、参加者が新たな知識を職場で活用できる試みを行った。実習終了後の実習者の感想からは、熟練技術者の配合修正の手際の良さと正確さが注目されたことが窺われ、若手技術者に、今後の学習意欲の向上を促したという意味において、今回のグループ学習の一定の成果が確認できた。

一方、本事例ではチームの構成を若手技術者と熟練技術者に分け、それぞれ異なる日程で、試し練りを実施したことから、若手技術者にとって、熟練技術者の配合設計法や試験方法などを直接的に学ぶ機会を充分には得られなかった。今後、グループ学習の運営方法を改善し、若手技術者が、経験と知識の豊富な熟練技術者から学習体験を通して、より時間をかけて、かつ効率的に学べるような方法に改善していく必要がある。

既往の生コン工場における技術教育は、工場内の現場・実務教育と、工業組合や材料メーカー主催のセミナー等による単発的な座学教育が主体であった。本研究で実施したグループ学習は、会社組織の枠組みを超えて、生コン技術者が一堂に会し、情報の共有化や互いの技術力を高めていく体験学習の試みであった。さらなる学習方法の継続的な改善と、それを実施するためのより適切な場づくりを計画すること、また、その基礎となる学習方法や学習姿勢を、体系化された学習パターン（井庭・古川園，2013）の実践を通して、受講者の個人差によって異なる、学習の効率を向上させることも必要と考える。

---

---

# 第 6 章

## 結論

---

---

### 第6章 結論

#### 6.1 本研究のまとめ

本研究では、生コン製造業の技術継承を題材として選び、主に配合設計に関する実践教育の取り組みを行った。このような実践的教育方法は、全国の生コン製造業でも適用できるものと考えられる。特に本研究では、生コンの特殊性に対応した、若手技術者の技術教育の参考となる教育方法を策定・実施し、検証した。この中ではナレッジマネジメントで「暗黙知」といわれる実践的知識の伝承について、SECIモデルに基づいて具体的な教育の手段や場づくりを考案した。

その結果、生コンの原材料の調達事情や建設環境など、同様の懸念事項や課題を地域ごとに有する生コン工場において、その若手技術者を対象としたグループ学習による教育方法が有効であり、今後の生コン製造業における技術継承の仕組みづくりのためのプロトタイプとして活用できることが確認できた。

今回の結果を踏まえて、さらなる学習方法の継続的な改善と、実施するためのより適切な場づくりを計画すること、さらに若手技術者の個人差によって異なる学習効果を向上させていくことが必要であると考えられる。

本論文の主な要点（第2～5章）の主な要点を以下にまとめて記す。

**第2章**では、既存のナレッジマネジメントシステムの事例、教育に関する事例、および技術継承の取り組みの事例を中心に、技術継承の教育の策定に参考とするための既往の文献のレビューを行った。特に本研究にとって参考となる事例としては、これまでの技術の変遷を振り返ることの重要性や、若手技術者が、自分に不足しているものに気づき、それを身につけ、自らの意志で成長していく最適な環境をつくる場の重要性を再確認した。しかしながら、これらの研究の中では、教育の方法論が多くみられたが、実際に若手技術者の力量育成の課題に対する実践的な手法を展開している事例はほとんどみられなかった。そこで本研究では、生コンの特殊性に対応した、若手技術者の生コン教育の参考となる実践的は教育方法を策定・実施し、検証することによって、従来にはない技術継承のための教育方法について検討することを目指すこととした。

**第3章**では、熟練技術者および若手技術者が、教える側、教えられる側の双方の立場で、現在の生コン技術の教育について、いずれの教育方法に重要度をおいて実施されていると思うか、また将来、どの教育方法に重みを置くべきと考えているかを調べるために、山口県内の生コン工場の約半数の技術者を対象に、多くのデータを必要とせず、かつ曖昧な状況下において、重み付けを行うことができる階層化意思決定法（AHP）を用

いて、アンケート調査を実施し、山口県の生コン工場における技術教育の現状評価および今後の充実に向けた教育ニーズの調査をした。

その結果、生コン技術者が、現状の教育方法が閉鎖的であり、同じ地域の生コン工場のさまざまな技術情報を今以上に必要と感じており、さらに地域の状況のみを知っているだけではなく、最新のコンクリートの技術情報を学ぶ必要性を認識していることがわかった。さらにひとつの地域の情報だけでは、今後の生コンの品質向上につながっていないと考えているものと推察できた。このことから生コン技術の教育には、これまで以上に社外交流を通じた技術教育の場を構成して充実させることが効果的であり、第4章および第5章で述べた社外交流を基本とする実践教育の方法を採用する契機となった。

第4章では、生コンの技術の中核というべき“配合設計”に着目し、山口県における生コン工場の標準配合およびそれらの基準となった山口県生コンクリート工業組合の標準配合を例に、これらの変化によって培われてきた生コン技術者の“配合設計”に大きく関わる材料選定・製造技術・品質管理等の経験と知識を、これからの若手技術者に継承し、さらには技術の発展を促すために、各種の技術革新や社会情勢や環境によって大きく変化してきた配合設計の変遷について時代背景とともに整理し、文書化した。

この中では、生コン技術者により、周囲の状況、材料事情、製造技術、設計方法、規格要求事項、顧客要求事項等の変化に対応して、過去40年間に亘り、どのように配合変更が行われ、その生コン品質の基本となる標準配合表がつくられてきたかについて、検討・改善実績を積み重ねてきた軌跡を辿った。

その結果、河川砂利・砂の枯渇や海砂採取の禁止等の環境保全対策により全国的にも骨材事情の厳しい九州・中四国地方において、使用する骨材の変化に対応し、“配合設計”の適切な変更によって高品質な生コンの製造を維持することが、長年にわたり生コン技術者の大きな課題のひとつであったこと、その中で生コン技術者の先人達が経験を通して培ってきた多くの「暗黙知」である“変化に対応した標準配合作成に必要な知識”が培われてきたことがわかった。

作成した資料は、熟練技術者および若手技術者の技術教育の教材として活用するとともに、その内容をもとに技術研修会等で講義を行った。さらに第5章の配合設計のグループ学習の受講者に対して、配合設計についての知識がより深まるように、文書の内容を、グループ学習による教育前に開催された研修会で伝えるとともに、技術資料として用いた。このような研修教育を踏まえて、“生コンの配合設計に関するグループ学習”を通じた若手技術者教育を実施した。

本研究調査で実施した、ディスカッションにおける熟練技術者の提案により、若手技術者の技術向上と相互交流を目的として、若手技術者会が設立された。そして、本研究のグループ学習は、この若手技術者会の実習として実施した。



第5章のグループ学習では、生コン技術のうち、他の工業製品にみられない特殊性をもつ生コンの“配合設計”の効果的な教育方法の策定、実施および検証を目的として、山口県中部地区の各工場から集まった生コン技術者を対象に“生コン工場における若手技術者のためのグループ学習”を行った。

コンクリートの「施工性」を確保するためには、経験に基づいた総合力が必要であり、生コン技術独特の特殊性をもち、熟練技術者の経験と実践に頼るところが大きく、理論による科学的理解と経験による実践的知識の両方が必要であり、これらの熟練技術者の経験と実践から培われた「暗黙知」を「形式知」とともに若手技術者に教育することにより、配合設計のための総合力を身に着けさせることを目指した。

グループ学習では、「学びの機会」と「場づくり」の目標を定め、これまで使用したことのない骨材等を用いて、若手・熟練技術者を対象に、品質目標に近いコンクリートの作製を競い合いながら、その教育の場の事前・事後において適宜アンケート等を取りながら、生コンの技術教育効果について、検討・評価を行った。

その結果、実習終了後の最終アンケートからは、配合設計のための「暗黙知」とその重要性の理解が、今回の実践教育の経験を通して行われたことが確認された。

また若手技術者と熟練技術者との技術力の差は、配合修正能力において強くみられ、この分野についてさらに学習と教育を継続していく必要があることが確認された。実習終了後の実習者の感想からは、熟練技術者の配合修正の手際の良さと正確さが注目されたことが窺われ、若手技術者に、今後の学習意欲の向上を促したという意味において、本研究のグループ学習の一定の成果が確認できた。

一方、本事例ではチームの構成を若手技術者と熟練技術者に分け、それぞれ異なる日程で、試し練りを実施したことから、若手技術者にとって、熟練技術者の配合設計法や試験方法などを直接的に学ぶ機会を充分には得られなかった。グループ学習の運営方法を改善し、若手技術者が、経験と知識の豊富な熟練技術者から学習体験を通して、より時間をかけて、かつ効果的に学べるような方法に今後改善していく必要があることが分かった。

## 6.2 今後の課題と研究展望

本論文は、生コン製造業の特徴を活かした技術継承のための仕組み作りに際して、生コン技術のうち、一般的な工業製品にみられない特殊性をもつ“配合設計”の効果的な教育方法の策定・実施および検証を中心に構成した。

今後の課題は、まず今回の“配合設計”学習の成果を参考に、アンケートで示された若手技術者の意見も取り入れながら、学習の内容や方法に充実と改善を加え、さらに“配合設計”学習・教育を継続して実施し、技術継承を図ることである。また「安全教育」、「製造教育」、「環境教育」といったその他の分野についての技術教育も、今回の「品質教育」の“配合設計”と同様に、協同組合の熟練技術者で構成される技術委員会が中心となり、それぞれの教育分野の特性を考慮しながら、若手技術者会の主体的な活動を支援する形で、学習プログラムを策定・実施することが効果的であると考える。

将来の展望としては、生コン技術者の技術力の向上を目的に、今回の教育方法を生コン技術継承の参考として、他地域の生コン製造業に、幅広く紹介していくことがある。

また技術の継承の仕組み(ナレッジマネジメントシステム)づくりをすることがある。そのためには会社や工場の枠組みを超えた、さらに大きな教育基盤を形成することが必要であろう。システムの構築と運営にあたっては協同組合単位では規模が小さく、諸条件が整えば、工業組合のような全県の協同組合によって構成されている規模の運営主体が必要と考える。その理由としては、まず生コン技術の各分野の教育が可能な指導的立場の技術者が確保しやすいことがある。次に必要な情報が集まりやすいことがある。全国的な生コンや使用材料の新技术の情報、生コン設備の新技术、環境保全に関わる最新情報、生コン工場における事故情報等の安全に関わる情報などが挙げられる。また、産・官・学と生コン製造業との窓口としての役割も重要である。

さらには、生コン会社、大学、地方公共団体が協力し、教育事業体(コンソーシアム)による運営も考えられる。最新の知識を共有でき、またインストラクターとなる技術者の教育も可能である。最後に工業組合には、これまでの山口県における生コン技術の過去の資料やデータ、現在の県内の各生コン工場のデータ等の広範な情報が集中していることが挙げられる。

生コン製造業においては、地域単位で熟練技術者の個々人が持つ様々な材料、配合設計、品質管理といった経験・知識を知的財産として管理し、情報共有する仕組みが必要となってくる。現在、工業組合においては様々なデータは蓄積されているものの、データベース化はされていない。ナレッジマネジメントシステム構築のためには、このような記録を活用し、教育・学習計画に役立てるための知的財産のデータベースが必要と考える。会社組織の枠組みを超え、地域ごとに生コン製造業全体として技術教育をマネジメントするしくみを確立することが、将来の生コン技術力の維持に向けて、今後ますます重要になるものと考えられる。

### 6.3 本論文に関する著者の発表論文

- (1) Hirayama, J., Yoshitake, I., Inoue, M. and Park, H. M. : Questionnaire Survey of Engineering Education in Ready-Mixed Concrete Plants, *Proceedings of ASEA-SEC-1*, pp.1137-1140, 2012.

【本文との関連：第3章】

- (2) 平山 順一, 吉武 勇, 井上 守 : 山口県のレディーミクストコンクリート工場における標準配合の調査研究, *土木構造・材料論文集*, No.30, pp.141-148, 2014.

【本文との関連：第4章】

- (3) 平山 順一, 吉武 勇, 井上 守 : レディーミクストコンクリート工場における若手技術者の配合設計のグループ学習, *土木学会論文H(教育)*, Vol.71, No.1, pp.92-104, 2015.

【本文との関連：第5章】

- (4) Hirayama, J., Yoshitake, I. and Inoue, M. : Practical Education of Mixture Design for Young Engineers at Ready-Mixed Concrete Plants, *Proceedings of ISEC-8*, pp.983-988, 2015.

【本文との関連：第5章】



Abudayyeh, O., Russell, J., Johnston, D. and Rowings, J.: Construction Engineering and Management Undergraduate Education, *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 126, No. 2, pp.169-175, 2000.

Bai, Y., Amirkhanian, S.: Knowledge-Based Expert System for Concrete Mix Design, *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol.120, No.2, pp.357-373, 1994.

Chan, E., Chan, M., Scott, D. and Chan, A.: Educating the 21st Century Construction Professionals, *Journal of Professional Issues in Engineering Education Practice*, Vol.128, No.1, pp.44-51, 2002.

Chen, J., Hsu, S., Luo, Y. and Skibniewski, M.: Knowledge Management for Risk Hedging by Construction Material Suppliers, *Journal of Management in Engineering*, Vol.28, No.3, pp.273-280, 2012.

Drake, P. R.: Using the Analytic Hierarchy Process in Engineering Education, *International Journal of Engineering Education*, Vol.14, No.3, pp. 191-196, 1998.

Ernzen, J.: Concrete Materials and Construction: Education Connected to Industry, *Construction Congress VI*, pp.324-332, 2000.

Hallowell, M.: Safety-Knowledge Management in American Construction Organizations, *Journal of Management in Engineering*, Vol. 28, No.2, pp.203-211, 2012.

Hirayama, J., Yoshitake, I., Inoue, M. and Park, H. M. : Questionnaire Survey of Engineering Education in Ready-Mixed Concrete Plants, *Proceedings of ASEA-SEC-1*, pp.1137-1140, 2012.

Ji-Zong, W., Hong-Guang, N. and Jin-Yun, H.: The Application of Automatic Acquisition of Knowledge to Mix Design of Concrete, *Cement and Concrete Research*, Vol.29, pp.1875-1880, 1999.

Kolb, D. A.: *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*, Prentice Hall, 1984.

Khalfan, M., Bouchlaghem, N., Anumba, C. and Carrillo, P.: Knowledge Management for Sustainable Construction: The C-SanD Project, *Construction Research Congress 2003*, pp.1-8, 2003.

Lin, Y., Wang, L., Tserng, H. and Jan, S.: Enhancing Knowledge and Experience Exchange through Construction Map-Based Knowledge Management System, *Construction Research Congress 2012*, pp.1-10, 2012.

Neville, A.M.: Properties of Concrete Fourth Edition, Person Education Limited, 2002.

Nonaka, I.: The Knowledge-Creating Company, *Harvard Business Review*, 1991.

Nikolic, D., Jaruhar, S. and Messner, J.: An Educational Simulation in Construction: The Virtual Construction Simulator, *Computing in Civil Engineering*, pp.633-642, 2009.

Oldham, P.: From Extemporised to Engineered: Advances in Concrete Technology during the First World War, *Magazine of Concrete Research*, pp.1-10, 2013.

Polanyi, M.: The Tacit Dimension, New York: Doubleday, 1966.

Ricard E., Arriagada D, Luis F., and Alacón C.: Knowledge Management and Maturation Model in Construction Companies, *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol.140, No.4, pp.1-10, 2014.

Rojas, E. M. and Sturts. C.: Developing a State-of-the-Art Facility to Support Construction Research and Education: A Case Study, *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, Vol.134, pp.67-74, 2008.

Tan, H., Carrillo, P. and Anumba, C.: Case Study of Knowledge Management Implementation in a Medium-Sized Construction Sector Firm, *Journal of Management in Engineering*, Vol.28, No.3, pp.338-347, 2011.

Toffler, A.: The Third Wave, Bantam Books, 1980.

青木久美子：学習スタイルの概念と理論，メディア教育研究，Vol.2，No.1，pp.197-212，2005.

雨谷俊彦：普及が進む多機能混和剤，コンクリートテクノ，Vol.22，No.10，pp.34-37，2003.

新居宏美，川原 勝，岡田信一，内田琢也，古田満広：コンクリートの圧縮強度の年間変動に関する実態調査報告，コンクリートテクノ，Vol.32，No.8，pp.48-54，2013.

池田 満：ナレッジマネジメント支援と学習支援，The 17<sup>th</sup> Annual Conference of Japanese Society for Artificial Intelligence，pp.1-4，2003.

伊丹敬之：場の論理とマネジメント，東洋経済新報社，2005.

井庭 崇，古川園智樹：創造社会を支えるメディアとしてのパターン・ランゲージ，情報管理，Vol.55，No.12，pp.865-873，2013.

魚本健人：非破壊検査の現状と今後の期待，コンクリート工学，Vol.44，No.5，pp.8-12，2006.

魚本健人：コンクリート技術の伝承と教育，コンクリート工学，Vol.47，No.5，pp.11-14，2009.

魚本健人：コンクリート工学分野における人材育成の現状と展望，土木学会論文集 H(教育)，Vol.2，pp.1-10，2010.

梅本勝博，妹尾 大：酒造りとナレッジマネジメント，醸協，Vol.96，No.8，pp.500-505，2001.

宇津野金彦：伊勢の遷宮と御宮造営工事，コンクリート工学，Vol.47，No.5，pp.76-83，2009.

エンジニアリング振興協会：プロジェクト型産業におけるナレッジマネジメント，山海堂，pp.95-112，2003.

大川 裕：高性能AE減水剤の特徴・種類および性能，コンクリート工学，Vol.37，No.6，

pp.15-20, 1999.

太田悠介：中小製造業における技能・技術伝承の実態に関するアンケート調査，人工知能学会第2種研究会，2013.

河合昭男：SFC 学習パターンを新人研修と SECI モデル，メールマガジン No.06-11 [8] 連載 オブジェクト指向と哲学，2012.

経済産業省：平成17年度製造基盤（ものづくり）白書，2005.

経済産業省：平成25年度製造基盤（ものづくり）白書，2013.

経済産業省製造産業局住宅産業窯業建材課：生コンクリート統計年報（昭和46年～平成25年），1971-2013.

国土技術研究センター：土木コンクリート構造物の耐久性向上施策について，pp.1-6, 2009.

国土交通省：被災地における建設資材の需要状況，[www.mlit.go.jp/common/000998487.pdf](http://www.mlit.go.jp/common/000998487.pdf), 2014.

国土交通省：平成26年度国土交通白書，2014.

國府勝郎：コンクリート用骨材事情とその対応，コンクリート工学，Vol.46，No.5, pp.123-126, 2008.

紺野 登：ナレッジマネジメント入門，日本経済新聞社，2002.

小林一郎：実践教育のスパイラル，土木学会誌，Vol.99，No.10, pp.34-35, 2014.

小林一輔：コンクリートが危ない，岩波新書，1999.

コンクリートの施工性能評価小委員会：施工性能にもとづくコンクリートの配合設計・施工指針（案），コンクリートライブラリー126号，2007.

坂井悦郎，大門正機：コンクリート用化学混和剤の変遷，コンクリート工学，Vol.37,



No.6, pp.4-7, 1999.

堺 孝司：コンクリート材料技術の未来，コンクリート工学，Vol.42，No.9，pp.74-77，2004.

佐藤良一，井上正一，斉藤 直，安達久仁彦：中国地方のコンクリート技術の現状と特色，コンクリート工学，Vol.48，No.1，pp.34-36，2010.

真田誠至，吉富友恭，相川隆生，萱場祐一：河川環境をテーマにしたフィールド体験型学習プログラムの提案と評価，土木学会論文集 H（教育），Vol.2，pp.108-115，2010.

参議院 経済産業委員会調査室：日本経済の変遷と今後の成長確保策としての支柱，2013.4.

白沢 勉，赤倉貴子：中小製造業における技能教育を支援する e-Learning System の開発とその評価，日本教育工学会論文誌，Vol.29，No.4，pp.559-566，2005.

鈴木一雄，辻本一志，金井武明，副田康英：生コンクリートの乾燥収縮に関する全国調査，コンクリート工学，Vol.48，No.7，pp.9-14，2010.

セメント新聞社編集部：生コン安定供給と技術的課題，コンクリートテクノ，Vol.32，No.11，pp.94-98，2013.

全国生コンクリート工業組合連合会，：生コン工場 品質管理ガイドブック（第5次改訂版），p.9，2008.

全国生コンクリート工業組合連合会：生コン工場 品質管理ガイドブック（第5次改訂版），p.353，2008.

十河茂幸：土木工事におけるコンクリート技術の伝承，コンクリート工学，Vol.47，No.5，pp.88-90，2009.

全国生コンクリート工業組合連合会，全国生コンクリート協同組合連合会：生コンクリート業界の現状

<http://www.zennama.or.jp/2-soshiki/genjyou/index.html>，2015.

## 参考文献

---

高萩栄一郎，中島信之：Excelで学ぶAHP入門，オーム社，2005.

高橋勝美，谷口綾子，藤井 聡：地域の公共交通の役割・大切さを学ぶモビリティ・マネジメント授業の開発と評価，土木学会論文集H（教育），Vol.2，pp.28-38，2010.

高橋衆一：職場における経験学習の支援（第2回） 企業と人材 44（976），産労総合研究所，pp.83-85，2011.

高橋 悟，石井晴子：問題基盤型学習（PBL）によって生成される学びの包括的モデルの構築—組織的知識創造理論（SECI モデル）を手がかりとして，開発論集，Vol.93，pp.107-116，2014.

武井紀子，大塚裕子，岩倉成志，交通計画を題材にした自律的対話プログラムの実践と評価，土木学会論文集H（教育），Vol.2，pp.62-68，2010.

田中輝彦：教材を工夫して土木技術の素晴らしさを伝える，土木学会論文集H（教育），Vol.1，pp.7-14，2009.

田中 岳：初学者のための「水理学」教育，土木学会論文集H（教育），No.1，pp.85-93，2009.

田中 岳：初学者のための効果的な「水理学」教育，土木学会論文集H（教育），Vol.69，No.1，pp.1-8，2013.

刀根 薫：ゲーム感覚意思決定法 AHP入門，日科技連，1986.

土木学会：技術の継承，土木学会誌，Vol.91，No.5，pp.88-90，2006.

土木学会：2012年制定コンクリート標準示方書〔施工編〕，2013.

友澤史紀：研究・教育・実務の継続的発展のために，コンクリート工学，Vol.47，No.5 pp.11-14，2009.

友澤史紀：施工に関する技術の継承，改変と今後，コンクリート工学，Vol.51，No.1，pp.8-11，2013.

## 参考文献

---

内閣府：平成27年度 年次経済財政報告，2015.

日本建設業連合会：再生と進化に向けて - 建設業の長期ビジョン，2015.

日本建築学会：コンクリートの調合設計指針・同解説，1999.

日本工業標準調査会：コンクリート用語 JIS A 0203，2006.

二宮利江，門間正挙，石川雄章，星 一郎，鈴木雄吾，木村信隆，竹谷昇二：教育システム設計手法に基づく構造物変状判定スキルアッププログラムの開発，土木学会論文集 H（教育），Vol.69，No.1，pp.21-30，2013.

野中郁次郎，竹内弘高，梅本勝博 訳：知識創造企業，東洋経済新報社，1996.

野中郁次郎，紺野 登：知識経営のすすめ，筑摩書房，pp.69-77，1999.

ピーター・Fドラッカー，上田惇生，佐々木実智男，田代正美訳：ポスト資本主義社会，ダイヤモンド社，1993.

稗方和夫他：知識伝承のための設計プロセス分析手法に関する研究，日本船舶海洋工学会論文集，Vol.6，pp.131-139，2007.

平山順一，吉武 勇，井上 守：山口県におけるレディーミクストコンクリート工場における標準配合の調査研究，土木構造・材料論文集，Vol.30，pp.141-148，2014.

平山順一，吉武 勇，井上 守：地方における生コンクリート技術の教育の現状とニーズに関するアンケート調査，土木学会第67回年次学術講演会，CS1-001，pp.1-2，2012.

藤澤康雄：情報管理わが国産業界におけるナレッジ・マネジメント（KM）の事例，情報管理，Vol.46，No.11，pp.741-751，2004.

平成16年度土木学会会長提言特別委員会・土木学会における技術力の維持と向上に関する特別委員会：平成16年度土木学会会長提言特別委員会報告書，2005.

本田隆秀，吉富友恭：産学連携による魚道施設を活用した教育実践，土木学会論文集 H（教育），Vol.2，No.1，pp.103-107，2010.

## 参考文献

---

- マイケル・ポランニー，高橋勇夫 訳：暗黙知の次元，ちくま学芸文庫，2002.
- マイケル・ポランニー，高橋勇人 訳：暗黙知の次元，筑摩書房，2003.
- 松塚展門：錦帯橋における技術の発明と伝承，コンクリート工学，Vol.47, No.5, pp.84-87, 2009.
- 道奥康治：土木技術界を取り巻く社会情勢と今後の教育・人材育成について，土木学会論文集H（教育），Vol.68, No.1, pp.1-10, 2012.
- 宮本文穂，宮内靖昌：コンクリート技術の教育のあり方，コンクリート工学，Vol.39, No.4, pp.61-64, 2001.
- 山崎順二，立松和彦：京都地区の天然砂利を用いた高強度コンクリートの実構造物への適用とその品質管理，日本建築学会技術報告集，No.7, pp.13-16, 1999.
- 吉兼 亨：良いコンクリートの原点 単位水量の管理，セメントジャーナル社，2004.
- 吉兼 亨：製造面から見る施工性能，コンクリート工学，Vol.44, No.9, pp.94-98, 2006.
- 吉兼 亨：全国生コンクリート工業組合における取組み，コンクリート工学，Vol.47, No.5, pp.27-31, 2009.
- 吉兼 亨：外部機関の生コンクリート関連規格の変遷，コンクリートテクノ，Vol.31, No.8-10, 2012.
- 吉兼 亨：生コンクリートの製造，設備・機械，コンクリート工学，Vol.51, No.1, pp.76-81, 2013.
- 吉田和夫：新しい工学教育を目指して，工学教育，Vol.50, No.4, pp.66-71, 2002.
- 吉田和隆：山口県生コンクリート工業組合・コンクリート主任技士資格取得の推進と軌跡，コンクリートテクノ，Vol.30, No.32-34, 2011.

## 参考文献

---

吉田徳次郎：コンクリート，創立 40 周年記念・土木学会誌，Vol.38，No.12，pp.37-43，1954.

渡辺博志：国土交通省におけるコンクリート施工品質確保への取組み，コンクリート工学，Vol.44，No.9，pp.30-33，2006.



## 謝 辞

本論文は、著者が株式会社竜陽に在籍しながら、山口大学大学院理工学研究科 吉武勇准教授のご指導・ご支援のもと、山口大学大学院博士後期課程（2013.4～2016.3）およびその前の2年間における研究を取りまとめたものです。本論文の完遂にあたり、多くの方々からご指導・ご協力を頂きましたことを深く御礼申し上げます。

ご多忙な公務のなか、本論文を審査して頂きました主査の吉武准教授をはじめ、副査を務めて頂きました山口大学大学院理工学研究科 進士正人教授、中村秀明教授、麻生稔彦教授、高海克彦准教授には、論文草稿の細部にわたり、適切なるご助言・ご指導を賜りました。また、濱田純夫名誉教授には、本研究を最後まで温かく見守って頂きました。

吉武准教授には、研究で直接的なご指導を賜り、5年間の長きに亘り、研究経験の全くない著者に対し、論文のまとめ方や各学会への論文投稿など、研究活動の遂行に関する具体的なものから、研究に取り組む姿勢、研究者としての心構えなど、多岐・細部に亘り、幅広く懇切丁寧なご教示を頂きました。また、オーストラリアのパス、そしてシドニーと2度にわたる研究発表の機会を与えて頂き、私の念願でもありました英語での発表に向けて、何度も丁寧なご指導を頂きました。

本論文が完遂できたのも吉武准教授のご尽力のおかげです。言葉には表せないほどの感謝の気持ちでいっぱいです。心より深く御礼申し上げます。

井上 守氏（株式会社関谷）には、共同研究者として、多大なるご協力を頂きました。本論文の中核となる若手技術者のための実践教育を推進するにあたり、山口県中部生コンクリート協同組合 技術委員長として、計画の立案、実施およびアンケート調査等にご協力頂き、その中で多くの知恵と助言を頂きました。そして同技術委員会、若手技術者会の皆様には、実践教育に参加頂き、その体験を通して貴重なご意見を頂きました。そして同組合および加盟社の方々には、教育会場および使用材料のご提供を頂き、運営に多大なるご協力を頂きました。太平洋セメント株式会社中国支店 神 省吾氏には、川砂・川砂利の調達にお力添え頂きました。

標準配合・材料の変遷の調査では、山口県内のレディーミクストコンクリート技術の指導的立場にある吉岡国和博士（萩森興産株式会社）、小山健司氏（山口小野田レミコン株式会社）、鍋田英俊氏（サンヨー宇部株式会社）、西村好夫氏（コーウン産業株式会社）、山口大学大学院の大先輩である河野博幸博士、そして私の博士後期課程への入学を薦めていただいた吉田和隆博士には、多くの助言と多大なご支援と励ましを頂きま

した。また山口県生コンクリート工業組合には、資料や教育会場のご提供を頂き、本研究を支えて頂きました。

著者が所属する株式会社竜陽の北山準三社長をはじめ、福田勝巳専務、吉岡 進常務、および出向先の防府共同生コン株式会社の藤本 稔社長、木村寛喜副社長、中谷 修工場長はじめ工場の皆様には、多大のご理解・ご協力・ご支援を頂きました。

上述した方々の他にも数多くの方から様々なご指導とご協力を頂きました皆様に対し、あらためて感謝の意を表します。

最後に私事ですが、本研究を陰ながら支えてくれた妻の諏伽子、応援してくれた父正和、母 喜美子に心より感謝いたします。

2016年3月

平山 順一