

# 高断熱・高気密住宅とは

室蘭工業大学助教授 鎌田紀彦

本稿は、平成7年8月8日、林産試験場で開催された職場研修で講演された内容を講演者の了解を得て、取りまとめたものです。

## 在来木造はなぜ安い

今日は、私がどういう発想でどういうふうの研究をすすめてきたかという話をまじえながら、高断熱・高気密住宅の話をしたと思います。私の専門は住宅のいろいろな工法、主としてプレハブ住宅のようなシステムを開発し、安くて良い住宅をたくさん供給したいということで、大学院時代はいろいろやりましたが、最後は1戸建て住宅のいろいろな工法がコスト的にどういふ競争力を持っているかという論文を書きました。昭和52年ころです。昭和30年代から建設省、通産省が日本の住宅産業をもっと合理化・省力化し、性能向上するための切り札としてプレハブ住宅を積極的に後押ししてきたわけですが、昭和50年代ころ、依然としてシェアが10%、現在でもまだ30%を超えていません。

私の研究は在来木造がなぜ安い、材料を大量購入し工場で能率良く造って、それを供給しているはずのプレハブ住宅がはるかに高い、その原因は何かを追求してきました。昭和50年ころ、工務店は1軒の住宅を建てて粗利が15~20%くらい、プレハブ・メーカーが35%くらいでしたが、現在はずっと格差が広がっていて、プレハブ・メーカーの粗利が50%くらいです。ですから、住宅を3,000万円で購入すると原価は1,500万円なんです。一方、在来木造の工務店もだんだん経費のかかる体質になっていますが、20~25%くらいの粗利で十分やっ

ていける。大工さんがやっているところは、今でも10~15%あればやれるというような体制じゃないでしょうか。日本の住宅は非常に高い、アメリカに比べて大体3倍くらいの値段です。ただ、プレハブ・メーカーでは前述のように、半分の値段でもできるんです。今後、プレハブ・メーカーをはじめとする大企業のシェアがどんどん高まっていくと、価格はますます高くなるということです。大手に対して工務店が勝ち続けていくための方策は何だろうかということが、私の研究で最大のテーマです。

## 断熱材と結露

北海道で現在、高断熱・高気密住宅がどれくらい造られているかということ、戸建て住宅は年間4~5万戸くらいですが、そのうち30%くらいだろうと思います。新在来木造構法研究協議会に入っている人達は非常に一生懸命やっていて、多分、北海道でも一番高い性能の住宅を造っていると思います。そういう住宅は、実は大手のプレハブ・メーカー、ハウス・メーカーを、熱性能という点では完全に打ちまかしているわけです。こういう高断熱・高気密という性能が、いわば現在の意味で住宅の基本性能だというのが、我々の認識なんです。

北海道という風土は住宅をいかに暖かく、快適にするかということで、明治以来、いろいろなこ

とが行われてきています。日本で一番早く薪・石炭ストーブが生活の中心になりました。アルミサッシ、塩ビサッシ、モルタル外壁が日本で一番早く普及しました。最近でいえばバス・ユニット、サイディング、こういうものが日本で一番早く普及してきています。こういうなかで、実は断熱材に関してはあまり合理的な使い方がされてきていません。ツーバイフォー建築協会の実験住宅を北海道の建築学会で設計した時に、私が最初に設計をやらせてもらいました。その時、初めて通気層工法という考え方が出てきました。当時、学会では「断熱材は厚く施工しよう。厚く施工すると壁の中で結露が生ずるから通気層工法をやりましょう」と、北海道工業大学の菊地先生を中心とした寒地住宅研究委員会が提唱していました。当時、ナミダタケによって1年で床が抜けるという急激な木材腐朽がおこり、それは100mm断熱のためではないかと言われました。オイルショック以降、急激に北海道中で100mmを使い始めました。いろいろ研究する前に、民間レベルで、現場で始まったわけです。ですから、通気層の問題すなわち断熱性能も優れ、木材も腐らないような構成を研究し、明快にして世の中に出すべきだと思いました。北海道工業大学の菊地先生が、当時、道工大の構内に実験小屋を造ってそういう実験を始めたんですが、9月ころの台風くずれで飛んでしまい、冬のデータが取れなくなりました。それなら我々でやってみようということで、小屋を建てて通気層の実験をしました。結論は、在来木造では「とにかく通気層を設けないとべちゃべちゃに結露する」ということです。しかし「通気層を設けても全然結露は止まらない」ということも分かりました。その原因は、床下から冷たい空気が断熱層の中に入ってくるせいだということになり、そこをふさいでしまう、要するに、ツーバイフォーのように壁を密閉構造にして、さらに通気層を設けておけば結露は完全に止まるということが分かりました。

### 在来木造改良法

在来木造では、図1のように床下からグラスウー

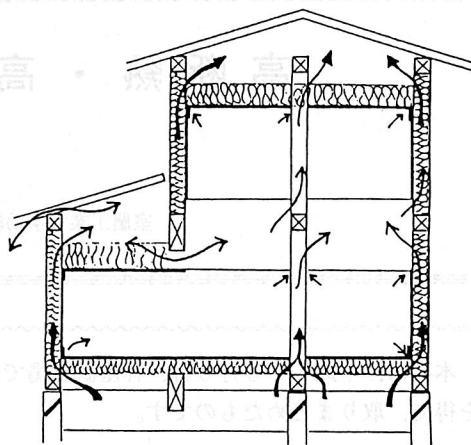


図1 在来木造住宅の欠陥

ルの中をゆっくり空気が上がります。それから施工があまり良くないため、あちこちにへこみがあります。そのへこみを伝わってかなり急激に空気が上がります。両側に小さな2~3cmのへこみがあるだけで、大体100mm断熱の性能は50%落ちます。そのふさぎかたで大工さんがあまり抵抗なくやれる手順はどうするか、工法はどうするか。いまだに明快に解決していません。やり方はいろいろな方法があります。我々も一番最初にこの在来木造改良法を提案した時は、6種類出しました。大工さんからは「どれか一通りに決めてくれ」と言われ、次のような工法にしました。それは、普通は土台や胴差に根太が乗るんですが、それを乗せないで、先にシートを張ってから根太掛けを打って根太をとめるというやりかた、それ1本にしほりました。大工さんからは、とんでもない不評で、「そんな根太掛けなんて、床がきしんだりして駄目だ」と散々言われました。いろいろやってみましたところ、根太掛けの木材を乾燥材で確保すればいいということで、やっぱり根太掛け材を使いました。それで、先張りシートということが結構有名になりました。胴差し回りに先張りシート、1階の床を施工する直前に土台回りの先張りを行います。ポリエチレンシートは根太から下ろしてきてとめるんですが、シート押さえ材、テープとか木材とかできちんと押さえます。あと重要なのは

間仕切り壁の上下をふさぐことなんです、面倒です。どうして面倒かという、間柱が先にあるから面倒なんです。間柱は土台に届いている必要は一切ありません。それで、間柱はあとからするやり方で、シートとシートはたつぷりと重ねをとり、必ず木下地のあるところで重ねするというルールにして、その上からボードで押さえ付けていきます。大工さんの手間を少なくするためにテープやコーキング剤は使わないという原則でやりました。

ところが気密性では、10年くらい前から3~4年間は、なかなか1時間当たりの自然換気回数が3をきれませんでした。しかし、ある時から突然1とか零点いくつとかいう数値が出始めました。それは何故かという、今、使われている厚い、軟質のポリエチレン、低密度の0.2mm厚のポリエチレンシートに材料が切り替わってから非常に高性能になりました。重ねの所、0.2mmを2枚重ねると0.4mmですから、厚さがある、それをボードで押さえた時のクッション性がきいてきます。木材が乾燥して収縮すると木材とボードの間が浮きます。ある程度乾燥した18~19%くらいの木材を使っていれば、1年たつと大体13%くらいで安定します。18~19%から13%まで若干収縮するわけですが、それに対しては十分追随するようです。それで、0.2mm厚のシートを使い始めてからは非常に楽に気密性ができるようになりました。旭川のウッドタウンに建てられた住宅で、柱、はりが貫通している部分だけはテープを使うけれども、シートとシートの重ね部分は一切シールを使わない住宅と、徹底的にシールを使った住宅で、気密性能を測ったら両方とも1.0でした。今の時点でもう一回測ってみると、テープを使った方は今も1.0か1.2くらい、もう一方は1.5か1.6くらいになってるんじゃないかと思えます。シールを使わなくても、最初の性能の5割増くらいの間で10年間もつという事は、ほぼ確信を持てます。それからテープも大工さんが使いやすい、紙テープと同じ感覚で使えるようなプチルテープをメーカーに開発してもらいました。こんなふうに、新在来工

ウッドイエジ 1995年11月号

法の原則は単純明快で、とにかく問題になる部分を全部ポリエチレンシートを利用してふさぐ、そういう考えです。

### 高断熱・高気密とは

そこで、高断熱・高気密って何だということになります。実は、日本の金融公庫を中心とした断熱・省エネルギー政策は、ここ20年間ずっと断熱材の厚みを増やすという手順でできました。厚みさえ増やせば熱性能はどんどん上がるだろうということです。ところが厚みをいくら増やしても、各部の納まりが悪ければ性能は全然良くならないということをお我々は指摘したわけです。「北海道ではできるだけ灯油消費量を少なくしよう、断熱材を厚くしましょう」とやってきたんですが、断熱材100mmというのは非常に経済的な線なんです。というのは、構造体は大体100mmです。ツーバイフォーなら90mm、在来木造で105mm、そこに100mm厚の断熱材を入れるというのは、一番お金がかからない。何でグラスウールが使われているかという、一番安いからです。それをうまく使いこなすための仕掛けが通気層工法であり、ポリエチレンシートを張り回す工法なんです。北海道では我々が新在来工法を提案した段階で、すでにこういう高断熱・高気密化、密度16kg/m<sup>3</sup>のもので、壁には100mm厚、床、天井には200mm厚のグラスウール断熱材、塩ビサッシで複層ガラス入りというのが標準仕様になっていました。ですから、そのままこういう納まりをやるだけで、灯油消費量が一年に給湯込みで2000ℓから2500ℓだった住宅が、セントラルヒーティングやって1500ℓくらいになります。高断熱・高気密化によって、暖房面積が家全体の1/3くらいから100%まで拡大して、なおかつ灯油消費量はほぼ半減するというレベルからスタートしたんです。

実は「高断熱・高気密住宅は、どうも夏、暑くてしょうがない」という評判が本州でたってしまっていて、例えば建築研究所の研究者、大学の先生なんかはみんなそう思ってるんです。本州の夏の太陽で照らされた外壁材や屋根のかわらなどが60~

70℃くらいになります。そういう熱が夜になるとどんどん室内に入ってきて、住宅は暑くてしょうがない。ところが断熱材がきちんときいて、それを緩和してくれますから、本来、高断熱・高気密住宅は涼しいはずなんです。日中、窓を閉めきっていて、夕方5～6時くらいになると窓を全部開け放して、家の中を風を通す、夜の間中もできるだけ窓を開けて家を涼しくします。室温は外気温と一緒に下がってきます。朝はまた窓を閉めます。これで暑さのピークはカットされます。高断熱・高気密住宅にするとピークが下がります。そのかわり下がりがなかなか下らない。下があと2℃くらい下がれば、ピークもこれに伴って2℃くらい下がりますから、これでちょうどいいくらいの生活ができます。暑い家はどうなっているかといえば、少し遅れますけども、外気温とほぼ同じくらいの形で室温が上がって、下がるほうはなかなか下がりません。こういうデータを分析して、基本的にはすぐ分かることですが、要するに、夏の日射を家の中に取り込まない、それから夜、できるだけ冷えるように換気、通風をよくすることです。これは本州の住宅の昔からの鉄則なんです。ところが最近、わりと現代風な総2階の住宅が増えてきています。1階にはひさしがさいいていません。しかも、樹脂サッシの外開き窓なんです。外開き窓というのが実は暑さの元凶なんです。外開き窓を開けっ放しにできません。1階の窓を開け放しにしているかどうか、家全体の通風、換気に非常に大きいはずなんです。夜、窓を開けて1階を冷やしておけば、朝方、温度が冷えて、翌日の朝、全然違うわけです。昔の住宅は欄間があって、それから通りに面した小窓には面格子がついていて、夏になったらずっと開け放しという窓がいっぱいありました。昔からの住宅設計の鉄則が現在では忘れ去られているということが最大の原因なんです。ドレーキック、内開き内倒し窓が非常にいいです。夏になったらほとんど内倒しのまま、雨が降ろうが全然閉めなくてよい。そういうデザイン、開口部が必要なんです。雨戸があれば、雨戸を木製のガラリなんかにして、雨戸を戸締ま

りすれば中の窓を開け放しにできます。リビングなんかそういう趣向が必要です。ブラインドシャッターあるいはカーテンのたぐいは、日射の遮熱としてはほとんどききません。2/3くらい熱が室内に入ってきます。ブラインドの入ったペアガラス、非常に高いんですけども、これが日射の遮蔽率で75～80%くらいです。今までのデータでお分かりのとおり、外に比べて夜は室内の温度が4～5℃高いですから、1階の窓も2階の窓も開けて、温度差換気をしたい。日中は日射をきちっと遮蔽して、窓を閉めてるんですが、夜になると窓を開けて、どんどん家の中を冷やしていく。それに床下をからめて、床下の蓄冷熱をうまく利用していくとより効果的です。

### 太陽熱の利用

今、我々が重点的に研究しているのは、木造でパッシブソーラー、要するに太陽熱を今までより有効利用しようということです。今年、これから実験住宅を設計して、秋に施工するんですが、床から天井を300mm断熱くらいにしようと思っています。また、できるだけ南側の窓を大きくとって、パッシブソーラー用のサッシというのも今、試作設計してるところなんですが、床下の熱容量と2階の床にモルタルを敷くということで、なんとか熱容量をカバーしようという計画です。そのぐらいでやると、大体、今の北方型システムで、暖房に1000ℓ、給湯で500ℓ、合わせて1500ℓくらいの灯油消費量ですが、暖房が大体300ℓくらいに減ります。本州の方は、よく屋根上温水機というのがあります。あれが大体20万円くらいで非常に効率がいい機械で、太陽熱利用機器としてはあれが唯一、採算のとれる機械です。北海道で使える機器をうまく屋根の上に乗せられれば、給湯も200ℓくらいになり、合わせて500ℓくらいになって、お金が150万円くらいかかりますけど、エネルギーは1500ℓが500ℓで1/3になりますから、多分、20%くらいの方はそういう住宅を建てるんじゃないでしょうか。そんなような細かい検討を加えながら、今、パッシブソーラーを手掛けてい

ます。北海道版でやったあとは、東北版も同じようにしてやります。オール電化も十分、視野に入れながら物事考えていきます。

### 簡略にした新在来木造

こういう新在来木造は、在来木造に比べてどうしても大工さんの手間が5%くらい増えるんです。ただ、大工さんが慣れてくると、見積りに5%アップとしてはねかえるほどの手間量ではないんです。新在来木造をできるだけ簡略にしようということで、2~3年前、こういう方法を考案しました(図2)。この工法では、土台の上に根太を乗せてしまいました。根太を乗つけた先に、特殊な材料ですが、発泡ポリエチレンか発泡ポリプロピレン、要するに発泡スチレンよりも少し弾力性のある発泡断熱材を、根太と同じような寸法に切って、それをぱかっとはめこんじゃうわけです。その上に間柱受けの横材を柱から柱に渡してしまいます。そこに間柱を立てます。1階の納めも2階の納めも、床回りが同じようになります。そういう発泡ポリプロピレンや発泡ポリエチレンの断熱材を利用して、それで気密をとってしまいますから、根

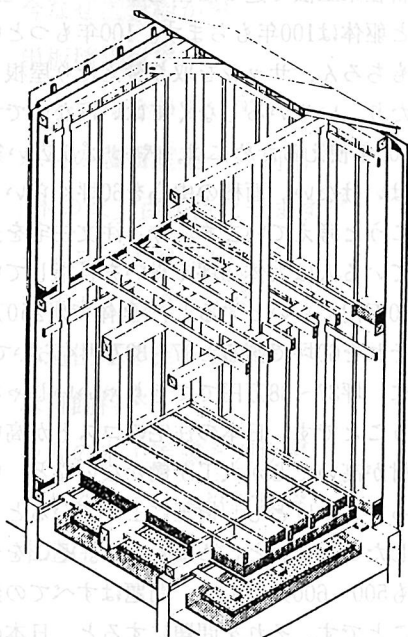


図2 床根太回りの施工

太のゾーンで気流止めおよびポリエチレンシートが気密層としてつながってる必要がなくなるわけです。このようにしますと、壁のポリエチレンシートは全部、<sup>壁</sup>拵から床までたれさがって、床の上へべろっと敷いてしまえばいいわけです。これをやると非常に簡単になります。ただ、現時点で誰もやってくれません。どうしてかという、「せっかく先張りシートをマスターして、あれがうちの象徴なんだ、今更やめられるか」と言われてしまいました。

従来から研究していましたプレカットの軸組とパネル工法というのもここ2~3年の間にずいぶんやってきました。一応、プレカットフレーム・アンド・パネル(PFP)工法という名前です。これも、新在来木造を簡単にするためのひとつの手立てとして、胴差を8寸で統一してしまいました。胴差8寸にすると、また先張りシートがいらなくなります。在来木造の軸組を、システムティックに標準化し、継ぎ手、仕口を単純化して、柱、はり、そういう部材の寸法を規格部材化してしまいます。継ぎ手、仕口は金物を使いました。金物を使うとボルト締めになりますから、乾燥材が最低限必要になります。18%の乾燥木材が13%、室内だと11%くらいまで乾燥しますから、それでボルトの緩みをきちんとクリアできるかどうか、チェックしている暇はありませんので、最初から13%乾燥材でいこうということで、集成材を使いました。金物としては沖繩の大工さんが発明したというクレテック金物を使い、「クレテックと集成材で標準システム作っちゃおう」ということになりました。それに、私自身は、壁パネルは作らないほうがいいという主張なんです。パネルで一番必要なのは床パネル、床パネルは作業床になりますから。それと、当初から屋根はふれない、屋根は大工さんに腕をふるってもらう、そんな非常にシンプルな仕組みを考えました。そうすると何が必要かというと、集成材の先をクレテックに合わせて加工する機械があれば、あと何もいらぬ。我々が考えたのは、日本中の大工さんが相手、日本中の工務店が相手のシステムです。日本で在来木造が共

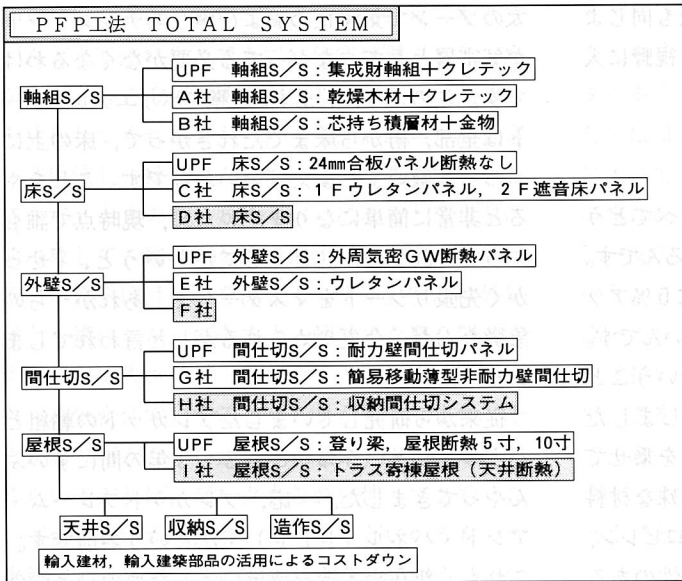


図3 オープンシステムによる在来木造パネル工法

通の工法として広く定着しているのと同じように、パネル工法も、ゆくゆくは日本全体、統一システムにすることをねらいました。統一システムといっても、それは規格化、画一化されたシステムではなくて、もう少し柔軟なシステム、つまりいくつかのサブ・システム(S/S)に分けて(図3)、ここをいろんな会社で造って下さいというものです。PFP第1号として一緒に開発を進めてきたのは宇都貿易株式会社です。集成材軸組プラス、クレテックという軸組壁システムです。それに、はまる床、24mmの合板をはっただけの簡単なものなんです、それが1階のパネルシステムです。外壁はグラスウールの入った合板張りのパネルです。間仕切りは耐力壁間仕切りパネルで、これも合板張りです。基本的にはここまでです。屋根は別枠ということで、あと天井、収納、造作サブ・システムなんかを考えられます。これは単なる第1号にすぎません。ですから、軸組壁システムにクレテックを使わなくてもいいのです。何か新しい金物を作ってくれてもかまいません。それから木材も集成材でなくてもいい。乾燥木材、あるいは芯持ち積層材など、いろんな提案があつていいんです。要は寸法だけ統一されていて、継ぎ手の

ところの金物がほかの構成材に対してでっぴってこない、そういう最低限のルールを作っておけば、あとは誰でも参入できるわけです。システムとしては、開口部を除いて、すべての外壁の柱は3尺ピッチに立てると決めました。それによって外壁パネルは3尺幅のパネルになるんです。このシステムはうまくいけば、5人の大工で、大体2日で屋根パネルまで建て方が終わります。ちょっと不慣れでも、3日もあれば十分終わります。

### 百年住宅

実は我々も3~4年前から100年住宅ということ言い出していたんで

すが、要するに通気層をもって、乾燥木材で造って、それで気密シートをきちんと施工すると木材が腐る要因は何もなくなります。外からの雨漏りに対しても通気層工法は、今までの工法よりずっとタフになります。そうすれば、もう高断熱・高气密で新在来工法で造った住宅はヨーロッパ並に、ちゃんと躯体は100年もちます。100年もつといっても、もちろん、サッシを取り替えたり屋根を取り替えたり、いろいろしなくてははいけません。100年使えるためには、やっぱり広い家でなくてははいけません。面積の中心を60坪くらいを目標におこうと考えています。今、注文住宅を造ろうとしている人は大体45坪くらいを目指しています。坪50万円くらいとすると、全体で2,250万円です。それを60坪で割ると37~38万円くらいです。要するに、坪37~38万円できりゃいいじゃないかということです。日本の住宅のコストが高いのは、木材が高いとか大工が働かないなど、いろいろ言ってますけども、槍玉に上げているところはたいしたことないところなんです。そこを全部足しても500~600万円です。問題はすべての建材が高いことです。それを問題にすると、日本のすべての物価が高いという話にリンクしてしまいま

すから、そこを真っ正面から取り上げるわけにいかないの、大工さんがいわばスケープゴートになってるだけなんです。我々がそういう制約の中で60坪住宅を造るとしたら、住宅というのは、今までのすべての夢がそこで実現するのではなくて、住宅を建てるということは、スペースを買って、それを100年かけて、自分の趣味に合わせて造っていくんだという発想に切り替えようと考えています。そのための素材としての住宅とすると、内

装分200万円差し引いたパネルだけの住宅も、できてみると意外といいものです。

以上、今までやってきたことをお話しました。新在来木造についての詳細は、今までのノウハウを集大成したマニュアルを100ページくらいの本に作っています。9月中には出ると思いますが、それを参考にさせていただければ、分かりやすいのではないかと思います。

(文責：林産試験場 工藤 修)

社団法人 北海道林産技術普及協会では機関誌ウッドエイジ (B5版) の特集号を頒布していますのでご利用下さい。

価格はいずれも実費 ( ) 内は送料

・特 集 号

カラマツを使ってみませんか*	(昭和56年)	25頁	400円	(190円)
Theおがこ	(昭和58年)	26頁	400円	(190円)
窓 (木製サッシの実用例集つき)*	(昭和59年1月号)	35頁	700円	(270円)
木製軽量トラス*	(昭和59年12月号)	16頁	320円	(190円)
木の良さ再発見	(昭和60年1月号)	22頁	300円	(80円)
今なぜ広葉樹か*	(昭和60年3月号)	22頁	440円	(190円)
単板積層材*	(昭和60年11月号)	30頁	600円	(270円)
キノコ (その1) *	(昭和61年3月号)	29頁	500円	(80円)
木材の農畜産業への利用*	(昭和61年5月号)	27頁	540円	(270円)
「木の家」百年持たせませ*	(昭和61年9月号)	23頁	460円	(190円)
キノコ (その2) *	(昭和61年11月号)	23頁	600円	(80円)
日曜大工のすすめ*	(昭和62年6月号)	24頁	480円	(190円)
木造住宅の保守管理*	(昭和62年12月号)	23頁	460円	(190円)
木質飼料*	(昭和63年10月号)	17頁	340円	(190円)
最近の木工機械と刃物*	(昭和63年)	47頁	500円	(90円)
わかりやすい木材乾燥*	(平成元年)	38頁	1,500円	(90円)
木造住宅の良さ*	(平成元年2月号)	26頁	800円	(80円)

注：品切れの場合はコピーになります。\*印はコピー。